Jahrbuch der Naturkunde

Zehnter Jahrgang 1912

KARL PROCHASKAS ILLUSTR. JAHRBÜCHER

Von Herm. Berdrow



VERLAG UND DRUCK VON KARL PROCHASKA ▵ LEIPZIG ▵ WIEN ▵ TESCHEN
Preis 1 Mk. 50 = 1 K 80


THE D. H. HILL LIBRARY
NORTH CAROLINA STATE COLLEGE
QH45
I44
v.10
1912
THE FRIEDRICH F. TIPPMANN
ENTOMOLOGICAL COLLECTION


PROCHASKA'S
ILLUSTR. JAHRBÜCHER

»Prochaskas Illustrierte Jahrbücher« bestehen aus folgenden Teilen:

Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. Erscheint alljährlich seit 1901. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. Erscheint alljährlich seit 1900. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang (Geschichte des Jahres 1904) ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen. Erscheint alljährlich seit 1902. Die Jahrgänge I—III kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom IV. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. Erscheint alljährlich seit 1903. Die Jahrgänge I und II kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom III. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Gesundheit. Hievon ist ein Jahrgang erschienen, der broschiert 1 Mark, in Leinwand gebunden 2 Mark kostet.

Auf Wunsch werden auch die früher brosch. erschienenen Bände der »Illustr. Jahrbücher« in dem neuen Halbleinen-Einband zum Preise von 1 Mark 50 der Band geliefert.

Prochaskas Illustrierten Jahrbüchern liegt der Gedanke zu Grunde, über die Fortschritte der Kultur auf den wichtigsten Gebieten des modernen Lebens alljährlich eine Revue zu geben, die übersichtlich, allgemein verständlich und derart stilistisch gehalten ist, daß ihre Lektüre eine anziehende, geistbildende Unterhaltung genannt werden kann.

Für jung und alt, für alle Gesellschaftskreise gleich geeignet und gleicherweise interessant, sind diese Jahrbücher eine der empfehlenswertesten Erscheinungen der neueren volkstümlichen Literatur.

Urteile der Presse über Prochaskas Illustrierte Jahrbücher.

Über Land und Meer. Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. „Ein glücklicher Gedanke ist hier in gediegener Weise verwirklicht: ein bequemer Überblick über die technischen Fortschritte in Form eines reich illustrierten Jahrbuchs zu außerordentlich billigem Preis."

Basler Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Endlich haben wir einmal eine gute, billige und ausgezeichnet illustrierte Übersicht alles dessen, was die Naturkunde im Laufe eines Jahres als neue Entdeckungen zu verzeichnen hatte. Es ist eine Freude, die prächtige, für jedermann verständliche Übersicht zu lesen. Jeder Gebildete sollte diese Jahrbücher erwerben und sie nicht nur in seiner Bibliothek aufstellen, sondern auch lesen. Derartige Schriften nützen der Aufklärung unendlich viel mehr als alle kulturkämpferischen Zeitungsartikel. Möchte doch dieses Unternehmen die weiteste Verbreitung in allen Schichten der Bevölkerung finden."

Frankfurter Zeitung. Prochaskas Illustrierte Jahrbücher erfreuen sich einer von Jahr zu Jahr wachsenden Anerkennung, was bei der Gediegenheit des Inhalts und der Ausstattung, sowie dem billigen Preise nicht zu verwundern ist. In der Anlage übersichtlich, in der Darstellung fast durchwegs klar und allgemein verständlich gehalten, ohne irgend trivial zu werden, unterrichten diese Jahrbücher über die in ihnen behandelten Erfahrungs- und Forschungsgebiete mit einer für den Nichtfachmann vollkommen ausreichenden Ausführlichkeit, den Fachmann selbst aber mitunter verblüffenden Gründlichkeit. Bei der ungeheuren Fülle von Eindrücken, die tagaus tagein aus dem Leben, aus Tagesblättern und Zeitschriften auf den wissensdurstigen Kulturmenschen einwirken, ist es für den gewöhnlichen Sterblichen fast unmöglich, Spreu und Weizen zu scheiden und aus dem Vielerlei ein klares Bild zu gewinnen. Da sind denn Führer, wie es Prochaskas Jahrbücher sein wollen, durchaus am Platze. Rückschauend blicken wir noch einmal des Weges entlang, den wir durch lange Monate gewandert sind, und erkennen staunend, daß manches Kleine groß und manches Große klein geworden, alles aber, den Gesetzen der geistigen Perspektive gemäß, nach Möglichkeit gewertet, gesichtet und geordnet ist. So gewinnen wir nachträglich ruhende Pole in den Erscheinungen Flucht — immer vorausgesetzt natürlich, daß wir guten Führern folgen. Und Prochaskas Jahrbücher sind solche Führer.

Die Woche. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. „Wir können dem stattlichen Bande kein besseres Geleitwort auf den Weg mitgeben, als den Ausdruck unserer Überzeugung, daß es dem Verfasser gelungen ist, die Worte seines Programms glänzend zu verwirklichen: ‚Nicht ein Urkunden- oder Nachschlagebuch ist, was wir den Lesern bieten, sondern wir wollen ihnen die handelnden Personen, die Kämpfe und Ereignisse in möglichst lebensvollen Bildern vorführen, die Triebkräfte des politischen Lebens aufdecken und den inneren Zusammenhang alles Geschehenen klarmachen.' Die volkstümliche, klare und doch vornehme Haltung des Jahrbuchs werden demselben gewiß viele Freunde und Schätzer gewinnen. Wer eine aller Parteilichkeit entkleidete Schilderung der Ereignisse jedes Jahres wünscht, säume nicht, sich in den Besitz dieses gediegenen ‚Jahrbuchs' zu setzen."

Fortsetzung am Schlusse des Buches.

Illustriertes Jahrbuch

der Naturkunde

Zehnter Jahrgang.



Ein künstlerisches Standbild des Urmenschen (Neandertal)
ausgeführt von dem Berliner Bildhauer Ernst Gustav Jaeger.

PROCHASKAS ILLUSTRIERTE JAHRBÜCHER

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde

Zehnter Jahrgang 1912 Von H. Berdrow



Leipzig
Königstraße 9/11.

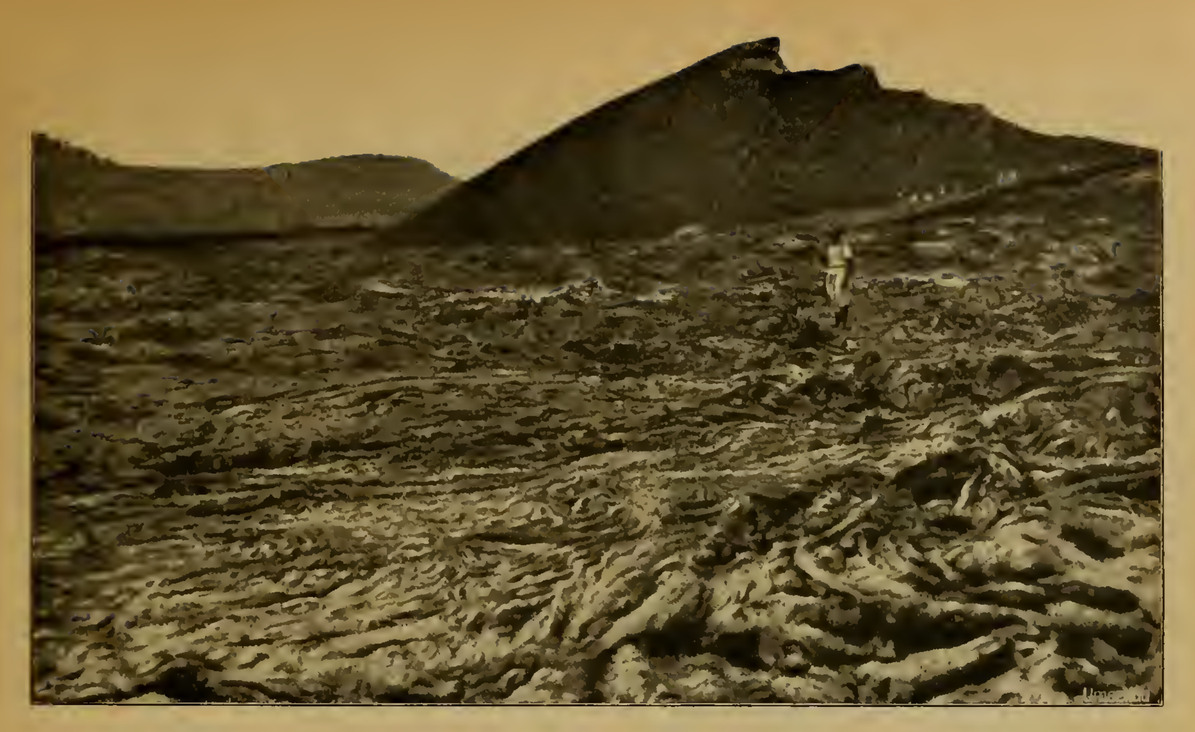
Karl Prochaska in Teschen

Wien
Seilerstätte 5.

Inhaltsverzeichnis.*)

*) Denjenigen Herren, die mich durch Übersendung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten zu unterstützen die Freundlichkeit hatten, spreche ich meinen ergebensten Dank aus. Herm. Berdrow.

Alphabetisches Sachregister.



Der Matawanu von Osten.

Weltall und Sonnenwelt.

(Astronomie und Meteorologie.)

Im Reiche der Fixsterne * Sonne und Planeten * Kometen und Meteore * Der Luftozean.

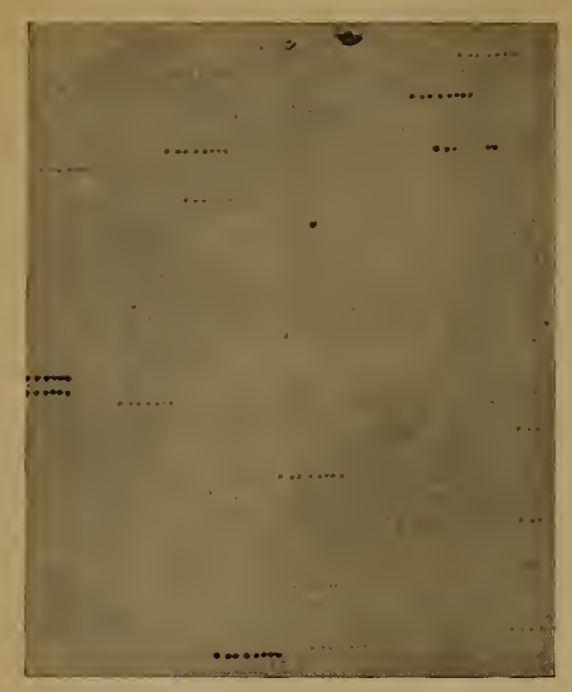
Im Reiche der Fixsterne.

Wenn für irgend eine Wissenschaft, so gilt für die Astronomie das Wort von der Not, die erfinderisch macht. Der unablässige Zwang, die Fühlhörner der Forschung auf Objekte von unvorstellbarer Entfernung zu richten, hat zu einer Vervollkommnung der Forschungsmethoden und Forschungsinstrumente geführt, die uns Heutigen unübertrefflich erscheint — hoffentlich denken kommende Generationen anders darüber. Einige der neuesten Forschungsmethoden in der Astronomie schildert Prof. Dr. N. Russel*) in allgemein verständlicher Weise.

Sehr gute Dienste leistet die Photographie, eines der wichtigsten Hilfsmittel der modernen Astronomie, bei der Suche nach Sternen, deren Helligkeit zeitweise wechselt, was ihre Beobachtung unter gewöhnlichen Umständen sehr zu erschweren pflegt. Man macht zu dem Zwecke auf ein und derselben Platte in Zwischenräumen, z. B. von einer halben Stunde, Aufnahmen einer und derselben Stelle, wobei die Stellung des Apparats nach jeder Aufnahme ein wenig nach derselben Seite hin verschoben wird, so daß nach vier Stunden von jedem Stern acht nebeneinander stehende Bildchen vorhanden sind, die genau seinen jeweiligen Helligkeitsstufen in den acht halben Stunden entsprechen; die nicht Veränderlichen zeigen konstante Stärke. So ist es möglich, mit ziemlicher Sicherheit lichtveränderliche Sterne von lichtbeständigen zu unterscheiden und zugleich die allmähliche Steigerung und Wiederabnahme ihrer Helligkeit festzustellen.

Erfolgt die Lichtschwankung nicht in so kurzen Perioden, sondern innerhalb Wochen und Monaten regelmäßig, so wendet man eine andere, nicht weniger praktische photographische Methode an. Das Problem besteht in diesem Falle darin, aus einer nach Tausenden zählenden Menge von Sternen die veränderlichen herauszufinden. Zu diesem Zwecke fertigt man in beliebig langen Zwischenräumen zwei Aufnahmen derselben, dicht mit Sternen besäten Gegend an. Die Negative zeigen die Sterne als schwarze Flecken auf hellem Grunde; machen wir von einem Negativ das Positiv, so zeigt dieses helle Flecken auf dunklem Grunde. Nun wird das Negativ der einen Aufnahme so auf das Positiv der zweiten gelegt, daß das schwarze Negativbild jedes Sternes genau sein weißes Positiv deckt. Eine so genommene Abbildung zeigt, daß die weißen Flecke fast immer ein gutes Stück über die schwarzen hinaus ragen, daß zwischen ihnen jedoch hie und da auch ganz helle Flecken ohne den schwarzen Kern vorkommen. Der Grund dieser Abweichung ist offenbar der, daß letztere Sterne zur Zeit derjenigen Aufnahme, von der das Positiv gemacht wurde, verhältnismäßig hell waren, dagegen zur Zeit der

*) Die Umschau, 15. Jahrg. (1911), Nr. 24.



Feststellung der Helligkeitsstufen variabler Sterne durch mehrmalige Aufnahme in halbstündigen Pausen.

anderen zu schwach geleuchtet hatten, um die Platte zu schwärzen.

Fertigt man anstatt zweier solcher Aufnahmen zahlreiche an, so können natürlich auch weit mehr Veränderliche gefunden werden, da ja an derselben Stelle nicht alle gleichzeitig in der Helligkeit schwanken. So ist es z. B. gelungen, in einem einzigen Sternenhaufen nicht weniger als 128 periodisch veränderliche Fixsterne zu ermitteln, eine im Vergleiche zu früheren Untersuchungsmethoden einzig dastehende Leistung.

Eine andere Methode zur Auffuchung leichtveränderlicher Sterne bedient sich des Spektrums ihrer Lichtquellen. Vor dem Fernrohr wird ein Prisma angebracht, um damit das Spektrum der von den betreffenden Sternen einfallenden Lichtstrahlen zu erzeugen. Das Licht jedes Sternes wird auf diese Weise in ein langes, auf der photographischen Platte deutlich sichtbares Band ausgezogen. Stellenweise zeigt dieses sich von dunklen Linien durchkreuzt; sie rühren von der durch die Gasatmosphäre des Sternes hervorgerufenen Absorption (Verschluckung) der verschiedenfarbigen Lichtstrahlen her und ermöglichen den speziellen Erfolg dieser Methode. Glänzen nämlich die Gase der atmosphärischen Umgebung des Sternes heller als dessen Oberfläche selbst, so erscheinen die Linien auf dem Spektrum hell anstatt dunkel. Nach dem Aussehen der von demselben Stern zu verschiedenen Zeiten gewonnenen verschiedenen Spektra ist es demnach möglich, selbst kleine Lichtschwankungen sicher zu erkennen und so überhaupt das Vorhandensein veränderlicher Gestirne festzustellen.

Eine andere, von der eben beschriebenen durchaus verschiedene Anwendung des Spektroskops ermöglicht es dem modernen Forscher, Sterne, die räumlich so nahe beisammen stehen, daß selbst das beste Fernrohr sie nicht trennt, voneinander zu unterscheiden und als Doppelsterne zu bestimmen. Diese Methode gründet sich auf die bekannte Tatsache, daß alle Linien im Spektrum eines der Erde sich nähernden Sternes schwach violett scheinen, jedoch einen rötlichen Ton annehmen, sobald das Gestirn sich von der Erde entfernt. Abbildung 3 zeigt einen Teil des stark vergrößerten Spektrums eines Doppelsternes, Beta Aurigae aus dem Sternbild des Fuhrmanns. Das Gestirn besteht aus zwei Körpern, die sich mit großer Schnelligkeit um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen. Bei genau übereinstimmender seitlicher Bewegung läßt ihr Spektrum (Abb. 3, unten) keine besonderen Unterschiede erkennen. Ist ihre Bewegungsrichtung indes derart, daß der eine der beiden Sterne der Erde sich nähert, der andere sich entfernt, so zeigen alsbald auch die Spektrallinien die oben bezeichneten Färbungsunterschiede, während gleichzeitig eine Verdopplung der Linien auftritt, die an dem oberen Bilde deutlich erkennbar ist, besonders an der mittleren Linie, der Kalziumlinie. Diese Verdopplung der Spektrallinien trat regelmäßig alle zwei Tage auf. Da nun im Verlaufe eines vollständigen Umlaufs dieses Doppelsterns zuerst der eine und dann der andere Stern sich der Erde nähert und dabei die charakteristischen Doppellinien hervorbringt, so müssen diese während eines Umlaufs zweimal sichtbar werden, der einmalige Umlauf des Gestirns also vier Tage erfordern. Wie ungeheuer fern dies Doppelgestirn der Erde steht, ersehen wir am besten daraus, daß die beiden ja nur mit Hilfe des Spektrums als Doppelsterne erkennbaren Weltkörper in Wirklichkeit nicht weniger als $12^1/_2$ Millionen Kilometer voneinander entfernt sind. Ihre Geschwindigkeit beträgt wahrscheinlich 230 Kilometer in der Sekunde, kann aber möglicherweise auch noch größer sein.



Feststellung der Lichtveränderungen eines Fixsternes durch Aufeinanderlegen einer Negativ- und einer Positivaufnahme.

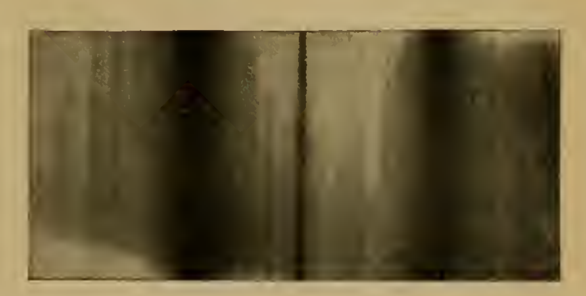
Auch bei der Erforschung der Sonnenflecken hat das Spektroskop wichtige Dienste geleistet. Schon seit langer Zeit vermutete man, daß innerhalb der Sonnenfleckenregion zeitweise gewaltige Gasausbrüche stattfänden, ohne näheres über die Natur dieser Ausbrüche in Erfahrung bringen zu können, da sie, größtenteils aus völlig durchsichtigen Gasen bestehend, auf der leuchtenden Sonnenoberfläche nur höchst undeutlich wahrzunehmen waren. Erst mit Hilfe des von den Professoren Hales und Deslandres erfundenen Spektroheliographen ist genaueres über Existenz und Verlauf dieser Eruptionen ermittelt.

Mit Hilfe dieses Apparats stellt man ein Spektrum der Sonne her, indem man einen Sonnenstrahl durch einen engen Spalt hindurchgehen läßt. Wird nun der Spalt auf einen Teil der Sonne gerichtet, auf dem momentan keine Eruption heißer Gase stattfindet, so wird das Spektrum, ähnlich wie auf dem unteren Bande von Abb. 5, von dunklen Linien durchkreuzt sein. Trifft dagegen der Spalt auf eine Wasserstofferuption, so müssen sich die Wasserstofflinien im Spektrum hell abheben. Wird jetzt auf den gleichen Punkt, der das Spektrum hervorgebracht hat, ein zweiter Spalt in der Weise gesetzt, daß nur das Licht einer einzigen Wasserstofflinie durch ihn hindurchgeht, die übrigen aber abgeblendet sind, so können wir an der jeweiligen Helligkeit bezw. Dunkelheit genau erkennen, ob in der betreffenden Sonnenregion, der die Wasserstofflinie des ersten Spaltes entnommen war, eine Eruption vor sich geht oder nicht.

Eine neue Art und Weise, anschaulich, wenn auch nicht messend, in die Wunder des gestirnten Himmels einzudringen, schildert der Direktor des in Kalifornien gelegenen Mount Lowe-Observatoriums in einem Aufsatz über den Zauber in der Perspektive des großen Orionnebels.*) Da die Parallaxe des Mittelpunktes dieses Nebels wenigstens ein Zweihundertstel Sekunde beträgt, so beläuft sich seine Entfernung vom Sonnensystem auf rund 8 Quadrillionen Kilometer. Denkt man sich um die mittlere Region des Nebels nahe des Trapezes einen Kreis von 15 Minuten Durchmesser gezogen, so würde dieser Durchmesser beinahe 25 Billionen Kilometer lang sein. Mit dem 60-zölligen Spiegel der Carnegie-Sternwarte auf dem Mount Wilson hat man durch lange Expositionszeit eine Reihe ganz hervorragender Photographien des Zentrums dieses Nebels erhalten.

Die Negative dieser Photographien sind vergrößert und als Diapositive in den Türrahmen einer Kammer eingesetzt worden, die 16 sechzehnkerzige weißglühende Birnen, dicht beisammen in einem vierreihigen Quadrat angeordnet, enthält. Der Beobachter, schreibt E. L. Larkin, steht in einem großen verdunkelten Zimmer, 2—5 Meter entfernt, und dreht das elektrische Licht hinter der Platte an. Ein Anblick himmlischer Schönheit und Pracht bietet sich nun dem überraschten Auge dar. Kein Menschenauge hat jemals etwas geschaut, das sich mit diesem Anblick interstellarer Tiefe messen könnte. Seit meiner Jugend habe ich den Orionnebel mit Bewunderung betrachtet; aber niemals habe ich ihn perspektivisch gesehen, niemals die herrlichen Bilder geahnt, die sich hinter der anscheinend flachen Oberfläche verbergen. Nun enthüllt uns diese wunderbare Photographie, daß die Mitte des Nebels die Öffnung einer riesenhaften Höhle ist, deren Wandungen, von leuchtender, glänzender Materie gebildet, sich bis zu einem weit entfernten Endpunkt erstrecken. Die Öffnung dieser Nebelhöhle ist unregelmäßig, auch die wunderbaren Wände und Seiten, Boden und Decke zeigen unregelmäßige Umrisse. Keine Messung der etwaigen Tiefe dieser Höhle im Weltall, ihres Bodens, der kosmischen Wandungen läßt sich hier vornehmen. Das tiefe, weite, zerrissene, unregelmäßige und wilde





Spektrum des Doppelsternes Beta Aurigae.

Innere kann nur mit dem Geiste, nicht mit dem Mikrometer gemessen werden; aber wenn man annimmt, daß der Abgrund dreimal so groß wie der Durchmesser der Öffnung ist, so würde die Tiefe der Höhle 200 Trillionen Kilometer betragen, das ist der Abstand des Sirius vom Sonnensystem. Tausende von Sonnensystemen wie das unserige könnten reichlich Platz in der weiten Ausdehnung dieser Höhle finden. Aber in ihr herrscht keine Dunkelheit, sondern überall ist Licht. Die Wände erglühen und leuchten in einem unbeschreiblichen Glanze, der jede Vorstellung übertrifft. Millionen winziger glitzernder Pünktchen, kosmische Diamanten, schmücken alle Teile des gigantischen Innern. Die Wandungen verschieben sich nach innen und außen, was ihnen den Anblick von Pfeilern und Säulen verleiht.

Mag dieser Nebel nun der größte im Weltall oder mit vielen anderen vergleichbar sein: hier auf dem Gipfel des Mount Lowe, wenn der Regen jede Spur von Staub niedergeschlagen hat und kein Wasserdampf in der Atmosphäre vorhanden ist, zeigt der 16zöllige Refraktor, daß das ganze Sternbild des Orion wie in glänzende und leuchtende Nebelmasse getaucht erscheint. Es ist etwas heller

*) Das Weltall, 11. Jahrg. (1911), Heft 13.

als der helle Hintergrund des Himmels, da das ganze Sternbild in eine Nebelhülle gebettet ist, mit Ausnahme verhältnismäßig kleiner Dunkelräume, der wenigen Stellen, an denen die lichtausströmende Materie fehlt. Daher ist es, nach Larkin, ganz klar, daß der bei weitem größte Teil der vorhandenen Materie sich noch nicht zu Welten und glühenden Sonnen verdichtet hat. Die Wissenschaft ist noch nicht imstande, uns zu erklären, wie Gas, Nebelmasse, dünne Materie, Staubteilchen und ähnliches dieses wunderbare Licht, wie es die Höhle des Orionnebels ausstrahlt, aus starrer Leere bei absolutem Nullpunkt, d. h. —274 Grad, aussenden können, falls ein solcher Zustand überhaupt existiert. Es ist bis jetzt weder das kosmische Licht des Himmelsgrundes und der Nebelwelten erklärt noch sein Ursprung enthüllt worden.

Merkwürdigerweise ist die Geschwindigkeit des riesigen Orionnebels in bezug auf das Fixsternsystem beinahe gleich Null, wie Prof. Campbell*) nachweist, und eine gleichfalls ruhende Lage gegen die Sternenwelt vermutet er für die ähnlichen Nebelmassen im Schützen, bei η des Argus und den anderen. Dagegen bleiben nach Abzug der Bewegung unserer Sonne (19·5 Kilometer gegen den Punkt 270° AR und +30° Dekl.) als eigene Durchschnittsgeschwindigkeit für die Helium- oder Orionsterne 6 Kilometer, für die Sterne vom Siriustypus 12 Kilometer, für die rötlichen oder die Sterne vom III. Typus 17 und für zwölf Gas- oder planetarische Nebel 25 Kilometer.

Frei im Weltraum schwebende ausgedehnte Wolken von Kalziumdampf vermutet in manchen Himmelsgegenden der Astronom an der Lowell-Sternwarte V. M. Slipher.**) Er beobachtete im Spektrum des Sternes β des Skorpions sowie an einer Anzahl anderer Sterne dieses Sternbildes und des Schlangenträgers, ferner an Gestirnen im Orion und im Perseus neben breiten und verwaschenen Linien die scharfe dunkle K-Linie des Kalziums, die an den periodischen Verschiebungen und den Schwankungen der übrigen Spektrallinien nicht teilnimmt. Er hält deshalb die Annahme, daß diese K-Linie nicht von den betreffenden Sternen, sondern von ausgedehnten, frei schwebenden Kalziumdampfwolken erzeugt werde, für eine gute Arbeitshypothese.

Das Milchstraßensystem, seine Stellung zur gesamten Sternenmasse und unsere Zugehörigkeit zu ihm bilden den Gegenstand einer Untersuchung des Astronomen Bohlin,***) die allerdings mehr Spekulation, wenn auch durch wissenschaftliches Material gestützte Spekulation, als erwiesene Tatsachen bringt. Danach stehen im Zentrum des Milchstraßensystems die auffällig zusammengedrängten kugelförmigen Sternhaufen in der Nähe von λ Capricorni und ϑ des Skorpions. Infolge der etwas seitlichen Stellung des Sonnensystems sollen sich diese zentralen Gebilde des Milchstraßensystems beiderseits außerhalb des Milchstraßengürtels projizieren. Letzterer soll durch eine ringförmige Anordnung der zu unserem Sternsystem gehörigen Gestirne zu stande kommen.

Das System der Milchstraße hat sich nach Bohlins Ansicht aus einem riesigen planetarischen Nebel entwickelt, aus einer im Innern infolge hoher Temperatur dünneren Materie mit dichterer kugelförmiger Schale. Aus den polaren Massen dieses rotierend gedachten, schließlich zerfallenen blasenartigen Gebildes sollen Spiralnebel hervorgegangen sein.

Aus dem Studium der Spektra von Nebelflecken und Sternhaufen leitet Fath einige wichtige Folgerungen für die Entwicklung dieser Gebilde ab.*) Am Anfang der Entwicklung dürften die ganz unregelmäßig gestalteten Nebel stehen, die am besten durch den Orionnebel repräsentiert werden. Ihr Spektrum besteht aus den hellen Nebellinien. In dem Maße aber, wie die spiralige Struktur hervortritt, zeigt sich neben den hellen Linien ein kontinuierliches Spektrum mit Absorptionslinien. Es zeigt sich bei diesen Spiralnebeln ein Parallelismus des Charakters des Spektrums und der mehr oder weniger deutlich spiraligen Form. Schließlich sind die Massen im Zentrum der Nebel vermutlich zu Sternen verdichtet, so daß sich nur noch ein Spektrum vom Sonnentypus zeigt, wie das bei dem großen Andromedanebel der Fall ist.

Die von Fath untersuchten kugeligen Sternhaufen zeigten ziemlich gleichartige Spektra vom sogenannten F-Typus. Die Wasserstofflinien herrschen in ihnen vor, aber im Violett finden sich auch die Kalziumlinien H und K stark entwickelt. Eine bei 419 $\mu\mu$ erkennbare bandenartige Linie ist wahrscheinlich aus vielen feinen Linien in dieser Spektralregion zusammengesetzt.

Die Bemühungen der Astronomen, sich in dem Sternengewimmel des Weltalls zurechtzufinden, fußen besonders auf Untersuchungen der Eigenbewegungen der Fixsterne. Anknüpfend an eine solche von ihm ausgeführte Untersuchung bemerkt Prof. S. Oppenheim**) folgendes:

In den letzten Jahren sind in den Eigenbewegungen der Fixsterne systematische Gesetzmäßigkeiten erkannt worden, die darauf hinzudeuten scheinen, daß die Fixsterne nicht alle einem einzigen, sondern mehreren Sternsystemen angehören. In dieser Beziehung hat speziell Kapteyn die Hypothese aufgestellt, daß das Sternenheer aus zwei Schwärmen bestehe, deren Bewegungen ganz unabhängig voneinander vor sich gehen (siehe Jahrb. VIII, S. 44), und Eddington hat diese Annahmen mathematisch zu begründen gesucht. Dem gegenüber stellte Schwarzschild die Hypothese auf, daß das Sternsystem eine Art kristallinischer Struktur besitze und in ihm die Geschwindigkeiten der Bewegungen von drei Hauptachsen bedingt werden wie die Lichtgeschwindigkeit in einem Kristall. Es gelang ihm auch, die Lage dreier solcher Achsen annähernd festzulegen. Außerdem hat aber Gyldén darauf aufmerksam gemacht, daß die beobachteten Erscheinun-

*) Astron. Nachr., Nr. 4508.
**) Astron. Nachr., Nr. 4513.
***) Kon. Svenska Vetenskapsakad. Handl. Bd. 43. Nr. 10; Naturw. Wochenschr., X (1911), Nr. 24.

*) Naturw. Wochenschr., X, S. 382.
**) Sitzungsber. der Kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien 1911, Nr. X; Astron. Nachr. Nr. 4497.

gen sich einfach auch dadurch erklären lassen, daß wir die Bewegungen nicht vom Zentralpunkt aus, sondern von einem Körper aus sehen, der sich selbst um ihn bewegt. Es sei dieselbe Erscheinung wie die von der Erde aus gesehen so verwickelten Bewegungen der Planetoiden.

Gestützt auf das über die Eigenbewegungen der Fixsterne vorhandene Material untersucht Oppenheim diese drei Annahmen mittels Fourrierscher Reihen mit folgendem Ergebnis:

1. Die Teilung des ganzen Systems der Fixsterne in einzelne Schwärme mit verschiedenen Bewegungsrichtungen sowie die Annahme eines kristallinischen Baues, in dem die Geschwindigkeitsausbreitung nach verschiedenen Richtungen eine verschiedene ist, ist zur Erklärung der Gesetzmäßigkeiten, die in den Spezialbewegungen der Sterne nachgewiesen sind, weder notwendig noch gerechtfertigt.

2. Die harmonische Analyse der Eigenbewegungen der Sterne, sowohl was ihre Größe anlangt als auch was rein statistische Abzählungen der Sterne im Verhältnis zum Positionswinkel der Eigenbewegungen betrifft, führt vielmehr zu der Vorstellung, daß die festgestellten Gesetzmäßigkeiten den gleichen Charakter zeigen wie jene, die sich in dem geozentrischen Laufe der kleinen Planeten feststellen lassen.

3. Trotzdem bleibt die Frage noch offen, ob durch diese Vorstellung allein der Beweis dafür erbracht ist, daß sich, wie die Planeten um die Sonne, auch die Fixsterne in geschlossenen Bahnen um einen Zentralkörper oder Zentralpunkt bewegen.

Auch H. v. Seeliger*) vertritt erneut die Ansicht, daß derjenige Teil des Universums, der unseren optischen und photographischen Hilfsmitteln erreichbar ist, ein abgeschlossenes System bildet, dessen Dimensionen keineswegs so ungeheuer groß sind, wie man früher meinte. Diese Entfernungen werden etwa in 10.000—20.000 Jahren vom Lichte durchmessen. Mit dieser Ansicht lassen sich nun auch die empirisch gefundenen mittleren Entfernungen der schwächeren Sterne vereinigen.

Gegenteiliger Ansicht ist A. S. Eddington,**) der die Existenz der zwei großen Sternströme für erwiesen hält. Er hat den „Vorläufigen Katalog" der Stellungen und Eigenbewegungen von 6188 helleren Fixsternen des Astronomen Lewis Boß zur Untersuchung der Anordnung und der gesetzmäßigen Bewegungen dieser Gestirne benutzt und findet das Dasein der beiden schon von Kapteyn entdeckten Sternenschwärme dadurch bestätigt. Die Zielpunkte der beiden Ströme und ihre relative Geschwindigkeit (v) sowie die der Sonne sind nach ihm folgende:

	AR	Dekl.	v
Strom I:	90·8°	—14·6°	1·52
Strom II:	287·8°	—64·1°	0·86
Sonne:	267·3°	+36·4°	0·91

Die 6188 Sterne verteilen sich im Verhältnis von 3 zu 2 auf Strom I und II; es treten allerdings an verschiedenen Teilen des Himmels Abweichungen von diesem Verhältnis auf. Eine Beziehung des Stromes II zur Milchstraße besteht anscheinend nicht.

Zu den interessantesten Gebilden der Fixsternwelt gehören die neu aufleuchtenden Sterne, die sogenannten Novä, deren anscheinend weit mehr auftreten, als früher angegenommen wurde. Auch sie werden jetzt vielfach mit Hilfe der Photographie ermittelt, indem man durch Vergleich zweier zu verschiedener Zeit exponierter Platten auf der jüngeren das Dasein eines auf der älteren noch nicht abgebildeten Weltkörpers feststellen kann. Eine solche Entdeckung geschieht natürlich meistens zufällig.

So wurde unlängst von Miß Cannon auf photographischen Aufnahmen von 1899 im Bogenschützen eine Nova entdeckt, die dritte in diesem Sternbild, über die das Zirkular der Harvard-Sternwarte (163) jetzt nähere Angaben bringt.*) Die Umgebung der Nova war zu Arequipa schon vor 1899 oft aufgenommen, u. a. fünfmal mit dem großen Brucefernrohr. Diese fünf Platten sowie sieben vom 3. August 1899 und fünf seit 1905 angefertigte zeigen am Orte der Nova ein Sternchen 15·6. Größe. Eine Aufnahme vom 9. August 1899 mit Sternen bis 11·4. Größe zeigt die Nova noch nicht. Tags darauf war diese als Stern 8·5. Größe vorhanden, also ein sehr plötzliches und ziemlich beträchtliches Anwachsen, und ist vermutlich noch heller geworden. Das Maximum ist in Ermangelung weiterer Aufnahmen unbekannt. Am 29. August, dem ersten Tage, von dem eine neue Aufnahme vorliegt, hatte bereits eine Lichtabnahme eingesetzt, die bis zum 13. Oktober auf 10·5 Größe zurückging. Vom 7. März bis 23. Oktober 1900 nahm die Nova langsam von 11·5 bis 12·2 Größe ab, am 3. Oktober 1901 war sie nur noch 13·3 Größe. Ob das schwache Sternchen 15·6. Größe mit der Nova identisch ist oder von 1899 bis 1901 nur von ihr überstrahlt bezw. auf der Platte verdeckt worden ist, läßt sich vorläufig nicht entscheiden.

Auch die Hauptnova des Jahres 1911, die am 30. Dezember 1910 von Espin entdeckte Nova Lacertä (im Sternbild der Eidechse), hat sich auf älteren photographischen Aufnahmen aus den Jahren 1893, 1907 und 1909 als Stern 14. Größe nachweisen lassen. Bei seiner Entdeckung war er 8.—9. Größe und auffallend rot. Im 40zölligen Refraktor der Yerkessternwarte hat die Nova gleich der Nova Geminorum von 1893 zwei deutliche scharfe Brennpunkte. Das eine Bild, im Fokus normaler Sterne stehend, ist wenig gefärbt, aber von einem roten Hofe umgeben; das zweite, um 8 Millimeter weiter vom Objektiv entfernt stehend, ist ebenfalls völlig scharf und schön karminrot mit grünlichgrauem Hofe. Dieses rote Bild ist von der sehr hellen Wasserstofflinie Hα erzeugt.**)

Spektralaufnahmen der Nova sind von verschiedenen Forschern gemacht worden, u. a. von M. Wolf-Heidelberg und Wright-Licksternwarte. Ersterer hat anfangs Januar 1911 mehrere Aufnahmen gemacht, darunter eine mit 90 Minuten Belichtungszeit. Das Spektrum besteht hauptsächlich

*) Sitzungsber. der math.-phys. Klasse der Akad. d. Wissenschaften zu München, 1911, Hft. 20.

**) Monthly Not. R. Astron. Soc. London, Bd. 71, Nr. 1.

*) Naturw. Rundsch., 1911, Nr. 18.

**) Astron. Nachr., Nr. 4466, 4468, 4470, 4490, 4509. Abb. einer Spektralaufnahme Astron. Nachr., Nr. 4473.

aus sieben breiten hellen Banden, von denen sechs um die Stellen der Wasserstofflinien $H\beta$ bis $H\eta$ lagern. Das Spektrum gleicht auffallend denen, die man früheren neuen Sternen her kennt. Nach den Aufnahmen Prof. Wrights besaß das Spektrum anfänglich, als der Stern noch hell war, einen großen Reichtum an hellen und dunklen Banden, von denen ein Teil sehr nahe mit Stickstoffbanden zusammenfällt, ohne daß die Anwesenheit dieses Elements in der Nova Lacertä damit als durchaus sicher zu betrachten ist. Eine Aufnahme vom 8. Februar zeigt hauptsächlich nur noch zwei Wasserstofflinien und am 30. März waren fünf helle Banden vorhanden, darunter zwei Hauptnebellinien als die hellsten, ein Zeichen dafür, daß die Nova nun in die Nebelfleckphase ihrer Entwicklung gelangt war.*)

Eine merkwürdige Erscheinung haben neuere Aufnahmen einer recht alten Nova, P. Cygni, ergeben, die im Jahre 1600 entdeckt wurde und nach mehrfachen starken Lichtschwankungen bis 1677 auf die dann festgehaltene Größe 5 herabsank. Nach dem Verhalten der Spektrallinien des Wasserstoffs, Heliums, Magnesiums und Stickstoffs nähert sich die Nova der Sonne mit einer Radialgeschwindigkeit von 8·0, 7·5, 7·2 oder 8·3 Kilometern in der Sekunde, während sie sich nach dem Verhalten der Siliziumlinien mit 9·7 Kilometer Geschwindigkeit entfernt. Dieser Gegensatz ist vorläufig schwer zu erklären.

Außer den neu auftretenden Weltkörpern sind auch die Veränderlichen und die Doppelsterne fortgesetzt astronomischer Beobachtung unterworfen. Die Zahl der beobachteten Gestirne ist so groß, daß hier nur einige wenige Ergebnisse aufgeführt werden können.

Zu den schwach Veränderlichen gehört, wie schon frühere Beobachter vermuteten, der Polarstern. Mittels photographischer Aufnahmen hat E. Hertzsprung in Potsdam bei ihm eine Lichtschwankung um 0·17 Größenklassen in einer Periode von fast vier Tagen ermittelt. Dies ist die Periode der Veränderlichkeit der Radialgeschwindigkeit dieses Gestirns. Es gehört demnach zu den Veränderlichen vom Typus δ Cephei, denen er auch hinsichtlich seines Spektralcharakters nahesteht. Ein anderer Typus der Veränderlichen ist der Algoltypus, der sich durch die außerordentliche Regelmäßigkeit seines Lichtwechsels vor den meisten anderen Veränderlichen auszeichnet. Die Periode der Veränderlichkeit beträgt etwa 2 Tage 20 Stunden 49 Minuten und zeigt nur sehr geringe, allmählich verlaufende Änderungen. Der eigentliche Lichtwechsel umfaßt nur 9 Stunden 45 Minuten; innerhalb dieser Zeit sinkt die Helligkeit des Algol von Größe 2·3 auf 3·5 und steigt dann wieder zu 2·3 an. Die große Regelmäßigkeit der Erscheinung ließ schon lange vermuten, daß die Lichtabnahme auf der Verfinsterung durch einen nahen, dunklen Begleiter beruhe, der den Hauptstern in der oben angegebenen Periode umkreise, eine Annahme, die sich später auch bestätigt hat. Der Verlauf des Lichtwechsels ist allerdings nicht bei allen Sternen vom Algoltypus so einfach wie beim Algol selbst. Während vor 30 Jahren nur fünf Algolsterne bekannt waren, beträgt ihre Zahl nach E. Hartwig gegenwärtig über 100. Darunter sind auch solche vom sogenannten Antalgoltypus, die in jeder Periode nur ein kurze Zeit dauerndes Maximum und im übrigen fast konstante Helligkeit zeigen.

Die Doppelsterne, Systeme von zwei, auch drei Sternen, müssen, wie sich aus Vorstehendem ergibt, häufig als Veränderliche erscheinen. Nicht selten werden sie spektroskopisch ermittelt; so gibt eines der neueren Bulletins der Licksternwarte eine Liste von Beobachtungen von 93 neuen spektroskopischen Doppelsternen. H. Ludendorff in Potsdam hat die Massen spektroskopisch ermittelter Doppelsterne untersucht und gefunden, daß die dem Helium- oder Oriontypus angehörenden Systeme wahrscheinlich im Durchschnitt dreimal so große Massen besitzen als diejenigen Sternpaare, deren sichtbarer Teilhaber zum Sirius- oder zum Sonnentypus gehören. Im letzteren Falle betragen die Massen durchschnittlich das $1^{1}/_{5}$- bis 4fache der Sonnenmasse, wenn das Massenverhältnis von Hauptstern und Begleiter von 1 bis $^{1}/_{2}$ variiert. Bei den Orionsternen betragen die Massenwerte das Dreifache.*)

Nach Spektralaufnahmen S. A. Mitchells ist der Stern 96 im Herkules ein enges dreifaches System, in dem sich die Umlaufsbewegungen in einer Periode von nur wenigen Tagen vollziehen. Der spektroskopische Doppelstern u Herculis besteht aus zwei Körpern nahezu gleichen Durchmessers, obwohl der eine Komponent etwa 2·6mal so dicht und 2·5mal so hell ist als der andere. Die Helligkeit ist hier wie bei anderen Doppelsternen kein Maß für die Masse. Eine Untersuchung, die der Astronom der Sternwarte Princeton, H. N. Russell, über die Bewegungen im Doppelsternsystem Krüger Nr. 60 ausführte, ergab, daß der Begleiter 11. Größe die gleiche bis um ein Viertel größere Masse besitzt als der dreimal so helle Hauptstern 9·7. Größe. Ebenso scheint auch bei Kastor (α Geminorum) der schwächere Stern den helleren an Masse zu übertreffen. Russell ermittelt als Gesamtmasse des Systems $6·5 \pm 1·0$ Sonnenmassen und als Parallaxe $0·08'' \pm 0·03''$. Beide Komponenten des Kastorsystems sind selbst wieder sehr enge spektroskopische Doppelsterne.

Nach einer neuen Methode, nämlich mit Hilfe des ungemein lichtempfindlichen Selens, ist Stebbins**) neuerdings zur Beobachtung heller veränderlicher Sterne geschritten, was allerdings nur unter besonderen Vorsichtsmaßregeln von Erfolg war. Mit diesem neuen Hilfsmittel, der am Okularende eines 12zölligen Refraktors montierten, von einer Eispackung umgebenen Giltayschen Selenzelle, hat Stebbins den Lichtwechsel des Algol genauer untersucht und dabei einige bisher nicht bekannte Eigentümlichkeiten der Lichtkurve entdeckt. Neu ist vor allem das sekundäre Minimum, das

*) Lick. Observat. Bull., Nr. 149. Auf einer Photographie der Nova von Kostinsky zeigt sie sich von einer leuchtenden Aureole umgeben, am 11. August 1911. Astron. Nachr., Nr. 4518.

*) Naturw. Rundschau, 1911, Nr. 36. (A. Berberich.)

**) Naturw. Wochenschr., 1911, Nr. 24. (F. Koerber.)

zeitlich fast genau in die Mitte der Zwischenzeit zwischen zwei Hauptminima fällt; ferner die Entdeckung, daß die Helligkeit des Algol in der Zeit zwischen dem Haupt- und Nebenminimum ein wenig zunimmt und in der zweiten Periodenhälfte wieder ebenso abnimmt. Als Erklärung hiefür kann die Annahme dienen, daß der dunklere Begleiter des Hauptsterns nicht völlig dunkel ist, sondern auf der dem Algol ständig zugewandt bleibenden Seite sowohl infolge der Erleuchtung durch das Hauptgestirn heller ist, als auch infolge der enorm starken Bestrahlung selbst zum lebhaften Glühen gebracht wird, eine Annahme, die durch spektralanalytische Temperaturbestimmung des Algol gestützt wird. Denkt man sich den Begleiter etwa um ein Siebentel größer als Algol, seine Bahn um ihn aber so gelegen, daß er Algol beim Vorübergang nur teilweise bedeckt, so läßt sich die eigentümliche Lichtkurve vollständig erklären. Als Dauer des Hauptminimums findet Stebbins 9·8 Stunden; das Nebenminimum ist durch die Bedeckung des Begleiters durch den Hauptstern bedingt, da ja ersterer mit etwa $^1/_{20}$ und auf der dem Algol zugewendeten Seite sogar mit $^9/_{100}$ der Helligkeit des Hauptsterns leuchtet. Die Gesamthelligkeit des Algol ist sicherlich viele Male größer als die unserer Sonne, und auch der „dunkle" Begleiter übertrifft jedenfalls die Sonne an Strahlungsintensität beträchtlich. Nordmann hat für diesen meist für dunkel und kalt gehaltenen Begleiter eine Temperatur von 5730° und für den Hauptstern selbst eine solche von 13.800° festgestellt. Schon infolge der starken Bestrahlung durch diesen muß die Oberfläche des Begleiters auf der dem Algol zugewandten Seite sehr heiß sein.

Bedeutende Fortschritte sind hinsichtlich der Ermittlung der Bewegungen der Fixsterne zu verzeichnen. Die fortgesetzte Durchsuchung der Aufnahmen, die zu Oxford für die photographische Himmelskarte gemacht werden, nach rasch bewegten Sternen hat neuerdings auf 24 Platten unter 3554 Sternen 80 Fixsterne mit merkbarer Eigenbewegung ergeben. Insgesamt sind auf 93 Oxforder Platten unter 16.617 Sternen 80 mit jährlichen Eigenbewegungen von mehr als 0·20", 106 mit Eigenbewegungen von 0·15" bis 0·20" und 129 noch langsamer laufende Sterne gefunden worden.

W. W. Campbell*) hat eine Arbeit über die Radialbewegungen von 225 helleren Sternen vom Oriontypus und die daraus zu schließende Eigenbewegung des Sonnensystems veröffentlicht. Die räumliche Geschwindigkeit der Sonne ergibt sich danach zu 20·2 bezw. 19 Kilometer in der Sekunde unter Annahme des Zielpunktes AR = 270°, Dekl. = +30°. Die Orionsterne besitzen eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 6 bis 7 Kilometer, wobei jedoch manche in der Gegend des Skorpions starke individuelle Abweichungen zeigen. Die mittleren Parallaxen bezw. Entfernungen dieser Oriontypsterne berechnet Campbell auf 0·0060" bis 0·0134" bezw. 543 bis 242 Lichtjahre (à 9463 Milliarden Kilometer). Die in der Milchstraße befindlichen Orionsterne, 191, besitzen im Durchschnitt merklich größere Eigenbewegungen im Visionsradius (7·1 Kilometer) als die 34 abseits der Milchstraße stehenden (5·6 Kilometer). Ähnlich verhalten sich auch die Sterne vom Siriustypus, der die dem Oriontypus folgende Entwicklungsstufe zu bilden scheint: für 98 milchstraßennahe Sterne dieser Art beträgt die Radialbewegung (nach Abzug der Sonnenbewegung) durchschnittlich 13 Kilometer gegen 9·2 Kilometer für 61 Sterne in mittleren und 5·6 Kilometer für 18 Sterne in hohen Breiten der Milchstraße.

Fixsterne mit fast gleicher Eigenbewegung hat Prof. Eddington im Perseus entdeckt. Sie bewegen sich längs des Parallelkreises von 48° Dekl. in einer etwa 20° langen Kette sämtlich um 4" im Jahrhundert nach nordöstlicher Richtung vorwärts und bilden anscheinend eines jener Fixsternsysteme, wie man sie zuerst in einer Anzahl von Sternen des Großen Bären kennen gelernt hat (siehe Jahrb. VIII, S. 39).

Während es sich bei diesen Perseussternen um Körper von 3. bis 6. Größe handelt, hat man jüngst auch kleinere Fixsterne mit weit größerer Eigenbewegung entdeckt. Der Astronom S. Kostinsky in Pulkowo hat bei der Ausmessung photographischer Aufnahmen von Sternhaufen mehrere schwache Sterne mit ziemlich großer Eigenbewegung entdeckt, u. a. in einem Sternhaufen in der Cassiopeja einen Stern, der etwa 20" im Jahrhundert durchläuft, und Sterne mit 11 und 12 Sekunden säkularer Bewegung in den Gruppen M 3 und 20 in Vulpecula. Unter den von Prof. M. Wolf vor einigen Jahren mit Hilfe des Stereokomparators entdeckten Sternen mit großen Eigenbewegungen befindet sich im Löwen ein Sternchen 10. Größe mit einer jährlichen Bewegung von 1·45" oder, nach Burnham, von 1·25". Bei einem Sternchen 10·4. Größe im Widder, dessen rasche Ortsveränderung Puiseux in Paris beim Vergleichen photographischer Aufnahmen gefunden hatte, hat S. W. Burnham durch Messungen die Eigenbewegung von 0·678" jährlich festgestellt. Eben derselbe entdeckte bei Messungen weiter Doppelsterne unweit des Sternes 17 in der Lyra einen Fixstern 12. Größe mit der sehr großen Eigenbewegung von 1·75" jährlich. Dieses Sternchen müßte nach der Regel, daß die Parallaxe der rasch laufenden Sterne durchschnittlich $^1/_{15}$ der Eigenbewegung beträgt, sich ungefähr in der mittleren Entfernung der Sterne 1. Größe befinden, mit denen verglichen er dann 20.000mal lichtschwächer wäre. Wollte man dagegen die Helligkeit als ungefähres Maß der Entfernung ansehen, so bekäme man für seine wahre Geschwindigkeit einen Betrag von Tausenden Kilometern in der Sekunde, was ganz unwahrscheinlich ist. Es handelt sich hier also um einen tatsächlich nur kleinen Stern, der eine ähnliche Größenordnung besitzt wie mehrere andere rasch bewegte Sterne, deren Parallaxe bekannt ist.

Im allgemeinen sind Sterne mit solchen Bewegungen selten. H. H. Turner in Oxford ist beim Vergleichen älterer und neuerer Aufnahmen für den photographischen Sternkatalog zu dem Ergebnis gelangt, daß unter sämtlichen Sternen 10·5. Größe und heller (2 Millionen an Zahl) nur 10.000 mit einer Jahrhundertbewegung zwi-

*) Bullet. 195 der Licksternwarte.

schen 15 und 20 Sekunden und 8000 mit Bewegungen über 20 Sekunden sein dürften. *)

Sonne und Planeten.

Die Untersuchungen auf der Sonne beschäftigten sich besonders mit den Protuberanzen und den Sonnenflecken.

Das Problem, das sich in der Erscheinung der schwebenden Protuberanzen bietet,



Protuberanz am 19. August 1891.

benutzt der Astronom J. Fényi, S. J., zur Herleitung einiger beachtenswerter Schlüsse. **)

Am 19. August 1891 wurde mit der Stellung am Sonnenrande von 314⁰ um 9 Uhr 10 Minuten Ortszeit in Kalocsa die 70″ hoch schwebende Protuberanz beobachtet, wie sie in beistehender Abbild. unter 1 gezeichnet ist. Sie schwebte 50.700 Kilometer weit abgetrennt über dem Sonnenrande. Der kurze, herabhängende Streifen in Abbild. 1 gehört nicht der Protuberanz an, sondern ist eine der vergänglichen Streifenbildungen, welche über Fleckenherden vorzukommen pflegen. Die Protuberanz projizierte sich gerade über dem Sonnenfleck, der in der ersten Abbildung durch einen Strich bezeichnet ist und sich 3·5⁰ vom Rande befand. Dieselbe Erscheinung wurde dann zwei Stunden und noch einmal vier Stunden später gezeichnet und befand sich in derselben Höhe und nahezu gleicher Form und Größe.

Die Protuberanz bestand also sechs Stunden lang in derselben Höhe und Größe, 50.700 Kilometer hoch ruhig schwebend, während auf dem unter ihr den Rand überschreitenden Fleckenherde, in einer Ausdehnung von 9⁰, die größten Veränderungen vor sich gingen. Nach den uns bekannten physikalischen Gesetzen ist das ganz unmöglich, wie folgende Erwägung zeigt. Nach dem Gesetze der optischen Sphärenbildung kann die Dichte des Wasserstoffes dort, wo wir den Rand sehen, nicht größer sein als 1·5 der Wasserstoffeinheit. Bei 6000⁰ C Temperatur und isothermem Zustand der Atmosphäre muß vermöge der Schwerkraft auf der Sonne und der Zusammendrückbarkeit des Wasserstoffes die Dichte bei einer Erhebung von 208 Kilometern zehnmal geringer werden. Diese Abnahme der Dichte muß aber in dem Maße, wie die Temperatur nach oben abnimmt, noch rascher erfolgen. Nach dieser Rechnung folgt in aller Strenge, daß die Dichte in 20″ Höhe 10^{70}mal kleiner sein mußte als auf der Oberfläche, also $1·5 \times 10^{-70}$. Eine solche Verdünnung ist aber, wie Fényi nachweist, vermöge der atomistischen Konstitution der Gase unmöglich. Es muß also die Atmosphäre der Sonne noch weit unter 20″ Höhe ein Ende nehmen; durch äußere Verdünnung muß bald der Zustand eintreten, bei dem die Moleküle in ihrem kinetischen Fluge nicht mehr aufeinander treffen, sondern frei in den Raum hinausfliegen, bis ihre Bewegungsgröße erschöpft ist und die Schwerkraft sie wieder auf die Sonne zurückfallen läßt. Dieser Raum ist gar nicht groß; er erstreckt sich nur auf 134 Kilometer Höhe. Die weit höheren Protuberanzen müßten sich also im leeren Raume befinden, was in dem hier betrachteten Falle vollends unmöglich ist. Eine Masse von der hier gegebenen Größe und 6000⁰ C Temperatur müßte sich mit der Geschwindigkeit von 5·7 Kilometern in der Sekunde zerstreuen. Die Breite unserer Protuberanz kann auf 26.000 Kilometer geschätzt werden und hätte demgemäß schon nach 40 Minuten völlig verschwinden müssen. Sie bestand aber sechs Stunden lang und zeigte überdies gar keine Auflösung.

Wir müssen zur Lösung dieser Widersprüche auf die Grundlagen der Berechnung zurückgreifen. Da ist die Schwere auf der Sonne unleugbar, die Zusammendrückbarkeit der Gase ist aus dem Laboratorium bekannt und kann nach der kinetischen Gastheorie auch niemals von dem bekannten Gesetz weit abweichen, solange noch Zusammenstöße der Moleküle stattfinden. Die beobachtete Tatsache ist nur so möglich zu denken, daß vom Sonnenkörper abstoßende Kräfte ausgehen, welche die Wirkung der Schwerkraft ganz oder doch großenteils aufheben, so daß die höheren Schichten der Gashülle auf die unteren keinen namhaften Druck ausüben, dieselben nicht verdichten. Die Gashülle kann sich infolgedessen mit ungefähr gleicher Dichte

*) Nach Prof. A. Berberich. Naturw. Rundsch. 26. Jahrg., Nr. 4—22.

**) Astron. Nachr., Nr. 4516.

bis zu den höchsten Grenzen erstrecken, getragen von den abstoßenden Kräften. Die Beobachtung bezeugt offenbar, daß die Protuberanz vom 19. August 1891 in der Höhe in einem Medium schwebte, das entweder selbst Wasserstoff oder ein anderes Gas von gleicher Dichte ist. Das Problem ist nicht gelöst mit der Annahme einer feinen Gashülle, deren Atomgewicht 200—400mal kleiner wäre als das Atomgewicht des Wasserstoffes. Eine solche Gashülle könnte wohl stellenweise durch den Gegendruck die rapide Zerstreuung des Wasserstoffes der Protuberanz hemmen, es verbliebe aber die Schwere fast ganz ungeändert; die Protuberanz müßte auf die Sonne fallen, weil der unbedeutend kleine aerostatische Gegendruck nicht genügen würde, die Masse unbeweglich schwebend zu erhalten. Es genügt auch nicht, die Abstoßung auf die Protuberanz beschränkt vorzustellen, weil sodann doch die Zerstreuung ungehindert erfolgen müßte.

Das Gewicht der Gashülle muß schließlich doch auf der Sonne lasten, dort, wo die abstoßenden Kräfte ausgehen, durch den gleichen Gegendruck. Wenn diese Abstoßung von einer verhältnismäßig dünnen Schicht der Oberfläche, der Photosphäre, ausgeht, so muß dort ein ungemein großer Gradient (Schritt von einer dichteren zu einer dünneren Schicht) bestehen, der den scharfen ungestörten Sonnenrand neben den gewaltigen Ausbrüchen recht gut erklären würde. Die Art dieser abstoßenden Kräfte will Fényi unerörtert lassen.

Seine Betrachtungen bauen sich übrigens nicht auf der angeführten einen Beobachtung auf, er hat deren in 26 Jahren viele von der gleichen Größe gemacht. Unter anderen führt er noch eine, auch mit Abbildung, an, bei der die Protuberanz 36.000 bis 45.000 Kilometer weit über der Photosphäre abgetrennt vom 5. August 1892, 7 Uhr vormittags, bis 7. August, 7 Uhr nachmittags, also 60 Stunden lang, mit derselben Höhe von 100″ bis 105″ schwebte.

Eine Protuberanz von ungewöhnlich langer Lebensdauer ist auch auf der indischen Sternwarte von Kodaikanal durch Evershed*) nicht weniger als 82 Tage lang verfolgt worden. Wenn die betreffende Stelle der Sonne an den Rand gelangte, so konnte die Protuberanz jedesmal drei Tage lang als Hervorragung beobachtet werden; aber auch beim Durchgang durch die Mitte der Scheibe war an ihrem Orte ein bogenförmiger Absorptionsstreifen von einer Länge bis zu 36^0 auf den im Lichte der K_2-Linie hergestellten Spektroheliogrammen wahrnehmbar. Der schmale Ursprungsstreifen der Protuberanz nahm an der normalen Rotation der Photosphäre, wie sie die Flecken zeigen, teil; aber die hier hervorquellenden Protuberanzgase wurde annähernd mit der Winkelgeschwindigkeit des chromosphärischen Wasserstoffes westwärts getrieben.

Behufs Ermittlung einer Zirkulation in der Sonnenatmosphäre hat Slocum 3323 auf der Yerkessternwarte im Lichte der H-Linie des Kalzium photographierte Protuberanzen untersucht. Nicht weniger als 1094 von ihnen zeigen in der Tat entweder durch ihr Aussehen oder durch festgestellte Bewegungen eine horizontale Strömung in den bis etwa 30.000 Kilometer Höhe sich erstreckenden Schichten der Sonnenatmosphäre an. Diese Strömung hat in mittleren Sonnenbreiten eine vorwiegend polwärts gerichtete Tendenz; dagegen ist sie in höheren Breiten mehr nach dem Äquator gerichtet, und zwar ist der Gegensatz dieser beiden Tendenzen auf der nördlichen Halbkugel etwa doppelt so groß wie auf der südlichen.

Der Einfluß der Sonnenflecken auf die irdische Temperatur wird von Humphreys unter einem neuen Gesichtspunkt betrachtet.*) Parallel mit der Sonnenfleckenbildung geht eine Verringerung der Sonnenstrahlung, besonders der kurzwelligen Strahlen. Seit kurzem ist festgestellt, daß dieses kurzwellige (ultraviolette) Licht auf trockenen, sehr kalten Sauerstoff stark ozonisierend wirkt. In höheren Atmosphärenschichten, wo die Luft trocken und kalt ist, ist deshalb eine beträchtliche Ozonmenge anzunehmen, wofür ja auch die von Angström im Sonnenspektrum aufgefundenen Ozonbanden sprechen. Die Wirkung dieses Ozons der höheren Luftschichten besteht darin, daß die Sonnenstrahlung in viel höherem Maße durchgelassen wird als die langwellige, von der Erde zurückgeworfene Wärmestrahlung. Nach Humphreys Berechnung dürfte die Temperatur der tieferen Luftschichten infolge dieser Wirkung des Ozons der höheren Schichten um 7—8^0 C höher sein, als sie ohne die die Erdstrahlung absorbierende Ozonschicht sein würde. Tritt nun zur Zeit der Fleckenmaxima eine Verringerung der ultravioletten Sonnenstrahlung und in ihrem Gefolge eine Erniedrigung des Ozongehaltes der höheren Luftschichten ein, so hat dies eine Herabsetzung der Temperatur an der Erdoberfläche zur Folge, die durch eine direkte Herabsetzung der Sonnengesamtstrahlung durch die dunkleren Sonnenfleckengebiete nicht ausreichend erklärt wird.

Auf eine mit der Stellung der Erde zusammenhängende Gesetzmäßigkeit im Entstehungsort der Sonnenflecken macht der Astronom der Sonnenwarte Kassel, Ernst Stephani, aufmerksam.*) An der Hand eines überreichen Beobachtungsmaterials (seit 1905 allein über 2200 Sonnennegative) hat Stephani die auffallende Tatsache entdeckt, daß auf der uns zugewendeten Sonnenseite nur 8·13% größere Sonnenflecken und Gruppen solcher entstanden sind, daß dagegen auf der uns abgewandten Seite 91·87% neu entstanden und als große ausgebildete Flecken und teilweise riesige Gruppen infolge der Achsendrehung der Sonne am Ostrand aufgegangen sind. Die ganz kleinen, nur zwei bis drei Tage sichtbaren Poren sind außer Berechnung gelassen, da anzunehmen ist, daß sie gleichmäßig auf der gesamten Sonnenoberfläche innerhalb 40^0 nördlich und südlich vom Äquator erscheinen werden. Aber auch wenn man sie in die Berechnung hineinzieht, ist die Zahl der am Ostrand als fertige große Gebilde erschienenen Flecken überwiegend.

*) Naturw. Wochenschr., X (1911), Nr. 24.

*) Astroph. Journal, 1910, Heft 9.

**) Astron. Nachr., Nr. 4523.

Noch ausgeprägter im obigen Sinne wird das Überwiegen der auf der Rückseite der Sonne entstandenen Flecken, wenn man das Verhältnis der Flächenausdehnung berechnet. Diese Arbeit ist noch nicht ganz abgeschlossen.

Da man nicht annehmen kann, daß eine Periode der Fleckenentstehung besteht, die in genau einem Jahre einen Umlauf um die Sonne macht, so ist man genötigt, einen Einfluß der Erde auf den Entstehungsort der Sonnenflecken anzunehmen.

Eine Erwähnung der Tatsache, daß das Neuentstehen der Flecken selten beobachtet wird, fand Stephani bei Dr. Carl, München, welcher berichtet, daß in den Jahren 1859—1864 ausnehmend wenige Flecken auf der uns zugewendeten Sonnenseite entstanden sind. Der bekannte Sonnenbeobachter Hofrat Schwabe, an den sich Dr. Carl wandte, bestätigte brieflich, daß sich diese Erscheinung öfters und namentlich in den Jahren 1828 und 1848 auffallend zeigte. Schwabe bemerkte dazu, daß dieses einseitige Auftreten der Flecken um die Sonne herumzugehen scheine, ohne daß er jedoch eine Periode dieser Bewegung bestimmen konnte.

Hiedurch ist bewiesen, daß diese Erscheinung nicht nur gegenwärtig, sondern auch schon vor achtzig Jahren vorhanden gewesen ist und wahrscheinlich nur deswegen nicht weiter verfolgt wurde, weil die genaue Berechnung der elfjährigen Fleckenperiode und die Bestimmung der Achsendrehung der Sonne das Interesse der Beobachter völlig in Anspruch nahm.

Seit Ende des Jahres 1910 (November) ist in der Fleckenbildung der Sonne eine so beträchtliche Verminderung eingetreten, daß die Nähe eines Sonnenfleckenminimums bevorzustehen scheint.

Von der Sonne wenden wir uns nunmehr zu ihren Kindern und ständigen Begleitern, den Planeten.

Zu den anziehendsten Beobachtungsobjekten innerhalb der Planetenwelt gehört immer noch der Jupiter, obschon bald nach der Erfindung des Fernrohrs schon die ältesten Beobachtungen ein Bild des Riesenplaneten lieferten, dessen Hauptzüge auch jetzt noch als richtig gelten müssen. Im Jahre 1878 erhielt die Jupiterforschung einen neuen Anstoß durch das Erscheinen des „Roten Flecks" auf der südlichen Halbkugel, des bekannten, intensiv rot gefärbten Ovals von etwa 41.000 Kilometer Durchmesser. Bald nach seinem Auftreten begann Prof. Lohse am Potsdamer 11 Zöller Beobachtungen des Planeten, die er 30 Jahre lang (1879—1909) fortsetzte und nun veröffentlicht hat.*) Diese Beobachtungen liefern interessante, wenn auch noch lange nicht überall abschließende Ergebnisse.

Die Oberfläche des Jupiter erscheint bei fortgesetzter Beobachtung sehr veränderlich. Die gewaltigen Dampf- und Gasmassen, welche die sichtbare Oberfläche des Planeten bilden, sind offenbar kräftigen Wärmewirkungen aus dem Innern ausgesetzt. Bisweilen brechen rotglühende Massen hervor, deren abweichende Bewegungen verraten, daß sie aus Tiefen stammen, wo ganz andere Bewegungsverhältnisse herrschen. Die hiebei in Bewegung geratenden Massen sind von riesigen Dimensionen; selbst die kleinsten, noch auf dem Jupiter wahrnehmbaren Flecke, die hellglänzenden Wölkchen der südlichen Halbkugel, sind von der Größe der Jupitertrabanten.

Um zu sehen, ob die wechselnde Tätigkeit der im Innern des Planeten herrschenden Kräfte eine entsprechende Ausdehnung der gewaltigen Gaskugel oder örtliche Verunstaltungen gewisser Gegenden hervorrufen könne, hat Prof. Lohse in den Jahren 1891—1909 eine große Reihe von Mikrometermessungen ausgeführt. Diese Messungen zeigen jedoch — abgesehen von einer zeitlichen Zunahme der beiden Durchmesser, die Prof. Lohse auf eine Abnahme seiner Sehschärfe zurückführt — nur kleine Schwankungen; der Jupiter scheint sich mithin verhältnismäßiger Ruhe zu erfreuen, und keine Abnormitäten erinnern mehr an seine stürmische Vorzeit.

Die Bestimmungen der Jupiterdurchmesser ergeben für den Äquatordurchmesser 38",343, für den polaren 36",031; der Wert der Abplattung, 1:16,58, stimmt innerhalb der Beobachtungsfehler mit dem aus den Störungen des fünften Trabanten berechneten Werte überein. Diese starke Abplattung rührt bekanntlich von der schnellen Umdrehung des Planeten her, und damit hängt auch die Streifenbildung zusammen. Die zahlreichen Streifen sind fast immer dem Jupiteräquator parallel; zeigen sich ausnahmsweise schräge Streifen, so stellen sie sich nach kurzer Zeit wieder in die Parallelrichtung der übrigen ein. Die Lage der Jupiterstreifen ist also für die Bestimmung der Rotationsachsenstellung des Planeten benutzbar. Die Polarachse des Jupiter ist danach gegen einen Punkt im Sternbild des Drachen, in der Nähe des Sternes ζ, gerichtet; dieser kann also als der „Polarstern" des Jupiter angesehen werden (Rekt. = 267° 80, Deklin. = +64° 65).

Die Anordnung der Jupiterstreifen zeigte eine gewisse Regelmäßigkeit. Obwohl diese Gebilde nach Prof. Lohses Beobachtungen fast in allen Breiten bis 50° nördlich und südlich vom Äquator sichtbar waren, so gibt es doch gewisse Zonen, wo sie am häufigsten auftreten. An der Hand von 600 Mikrometermessungen stellt der Beobachter fest, daß auf beiden Halbkugeln ausgesprochene Maxima in 8°, 20° und 30° Breite vorhanden sind. Besonders ausgesprochen zeigen sich zwei fast immer sichtbare kräftige Streifen von rotbrauner Farbe in +8° und —8° Breite, welche die helle Äquatorzone begrenzen. Die großen Schwankungen in der Lage der Streifen können nicht als Beobachtungsfehler erklärt werden; sie müssen vielmehr durch langsame, dauernde Verschiebungen der Tätigkeitszonen hervorgerufen werden, und die ganze Streifenentwicklung scheint nur durch die Tätigkeit im Innern des Planeten bedingt zu sein.

Die größeren Streifen scheinen nach Prof. Lohses Beobachtungen jeder einen bestimmten Fleckentypus zu besitzen. In der hellen Äquatorzone treten ungeheure weiße, eiförmige Wolken auf.

*) Nr. 62 der Publikationen des Astrophys. Observ. zu Potsdam, „Jupiterbeobachtungen". Nach einer Übersicht von H. E. Lau in „Das Weltall", 11. Jahrg., 1911, Heft 18.

In 20—30⁰ Breite sind dagegen kleine, hellglänzende Wölkchen häufig, während der nördliche Äquatorstreifen durch kleine, tiefrote „Striche“ gekennzeichnet ist. Während die großen, eiförmigen Flecke nur von kurzer Dauer sind, können die kleinen Lichtpunkte oft jahrelang verfolgt werden. Auffallenderweise waren beide Typen in gewissen Jahren, wie 1882, 1894, 1906, also in der Nähe der Sonnenflecken-Maxima, besonders häufig.

Bei Berechnung seiner Fleckenbeobachtungen hat Prof. Lohse die Stellungen auf ein gewisses Normalsystem bezogen, das der Rotationszeit von 9 Stunden 55 Minuten 41 Sekunden entspricht. Das ist nach älteren Beobachtungen die Rotationszeit des „Roten Flecks“. Da die übrigen Flecke eine kürzere Rotationszeit zeigen, so eilen sie dem Roten Fleck immer voraus und ihre jovigraphischen Längen nehmen daher fortwährend ab. Lohses Fleckenbeobachtungen ergeben für die verschiedenen Fleckentypen folgende Mittelwerte der täglichen Bewegung:

Fleckentypus	Breite	Tägl. Bewegung.	Anzahl der beob. Flecken.
Weiße Wolken	0°	— 8° 16	3
Helle Flecken	+ 8°	— 6° 05	3
Rote „Striche“	+ 10 bis + 15°	— 0° 27	9
Lichtpunkte	+ 20°	— 0° 21	5
Lichtpunkte	— 26°	— 0° 55	11

Nach dieser Tabelle scheint eine einfache Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Breite der Flecke nicht zu bestehen. Vielleicht könnte jedoch eine mathematisch ausdrückbare Abhängigkeit nachgewiesen werden, wenn es gelänge festzustellen, zu welchen Schichten der Gashülle des Jupiter die vorhandenen Fleckentypen gehören. Wenn man Flecke aus allen Schichten zusammenfaßt, so findet augenscheinlich ein plötzlicher Sprung in der Rotationszeit zwischen 8⁰ und 10⁰ Breite statt.

Besonders auffallend ist die große Geschwindigkeit der weißen Wolken in der Äquatorzone. Sie machen in kaum sechs Wochen (360⁰: durch die tägliche Bewegung von 8⁰16) eine ganze Reise um die Jupiterwelt, während die Lichtpunkte auf der südlichen Halbkugel diese Reise erst in zwei Jahren vollführen. Wenn nun diese Wölkchen sich zufällig in derselben Breite wie der Rote Fleck befinden, müssen sie alle zwei Jahre über oder unter ihm vorbeigehen, und diese Vorübergänge werden uns vielleicht einen Einblick in die eigenartigen Verhältnisse des Roten Flecks gestatten.

Im Jahre 1901 bildete sich gerade in dieser Breite ein dunkler Fleck, der sich nach und nach zu einem ungeheuren Streifen entwickelte. Es war die von den deutschen Beobachtern kurz als „Schleier“ bezeichnete berühmte „South tropical disturbance“ (südtropische Störung). Diesen Schleier hat Prof. Lohse seit 1904 verfolgt. Aus seinen Beobachtungen geht hervor, daß der „Rote Fleck“ während der Vorübergänge des Schleiers unsichtbar wird. An seinem Orte sieht man einen grauweißen Fleck, während er sonst als schwach lachsrotes Oval erscheint. Auch hat Lohse während der Vorübergänge mehrfach helle Punkte über dem „Roten Fleck“ gesehen. Nach seiner Auffassung erhitzen die heißen Gasmassen, die fortwährend dem „Roten Fleck“ entströmen, die grauen Massen des Schleiers und treiben sie teilweise auseinander, bis sie sich auf der anderen Seite des „Roten Flecks“ wieder verdichten. Diese Auffassung erklärt in ungezwungener Weise das Aussehen der Gegend des „Roten Flecks“ während der Vorübergänge des Schleiers.

Lohses sorgfältige Zeichnungen des von ihm seit 1878 ausdauernd verfolgten „Roten Flecks“ lassen verschiedene Phasen in der Entwicklung des Flecks erkennen. Im Jahre 1881 lag er in einer hellen Zone. 1882 breitete sich der südliche Äquatorstreifen gegen Süden aus und bildete eine merkwürdige Bucht am Ostende des „Roten Flecks“. In den Jahren 1883 und 1884 bildete der Streifen eine dunkle Umrahmung um den Fleck, der im Innern einer Bai zu liegen schien. In den Jahren 1885—1894 nahm die Gegend ihr altes Aussehen an, aber seit 1896 hat sich die „Bai“ aufs neue gebildet. Im Aussehen des Flecks sind ebenfalls große Veränderungen eingetreten. Im Jahre 1881 noch ein rötliches Oval, war er in der Folgezeit kaum zu erkennen; seine Farbe war gelblich, in den späteren Jahren (nach 1895) sogar mattgrau. Häufig erschien er, besonders auf der Osthälfte, mit hellen Flecken bedeckt. Seine Form war häufig unregelmäßig, ja bisweilen erschien der ganze Fleck schräg gestellt zu sein.

Die Bewegungen des „Roten Flecks“ bieten nach Prof. Lohses und anderer Beobachtungen noch viel Rätselhaftes. In den Jahren 1878 bis 1892 nahm nach Lohse die jovizentrische Länge des Flecks von 250⁰ bis 0⁰ ab. Dann kehrte der Fleck um und wanderte gegen Osten, bis er 1901 eine Länge von 50⁰ erreichte. Seitdem geht er wieder gegen Westen und befindet sich gegenwärtig in der Nähe des Nullmeridians. Die Bewegung des „Roten Flecks“ ist somit ganz unregelmäßig, und keine mathematische Formel vermag seine rätselhaften Wanderungen darzustellen.

Gegenüber den neueren Ansichten über den „Roten Fleck“ hält Lohse an seinen bisherigen Anschauungen fest. Danach befindet der Fleck sich in den tieferen Schichten der Jupiteratmosphäre; die ihm entströmenden heißen Gasmassen treiben die überlagernden Wolkenstreifen auseinander und eröffnen uns einen Einblick in das Innere des Planeten. Diese Annahme erklärt sehr schön die Beständigkeit der großen Einbuchtung im südlichen Äquatorstreifen, der den „Roten Fleck“ umschließt sowie das rätselhafte Verschwinden des Schleiers während seiner Vorübergänge am „Roten Fleck“.

Seit dem Abschluß von Prof. Lohses Beobachtungen hat der Fleck schon wieder mehrfache Wandlungen durchgemacht. Nach Phillips*) passierte er im Juni 1910 den Nullmeridian und stand Mitte April 1911 im 330.⁰5 Länge; die Länge hatte sich also in der unverhältnismäßig kurzen Zeit von zehn Monaten um nahezu 30⁰ vermindert. Nach den Beobachtungen von A. St. Williams**) hat der zeitweise sehr undeutlich gewordene und von dem dichteren Material des Schleiers verhüllte „Rote Fleck“ neuerdings ein sehr klares und auffallendes Aussehen und seine rote Färbung wieder

*) Astron. Nachr., Nr. 4498.
**) Astron. Nachr., Nr. 4507.

angenommen. Der Kanal an der Nordseite des Flecks zeigte sich sehr hell, weiß und deutlich. Auch die Längenverschiebung hält an.

Eine Reihe von Mikrometermessungen auf Jupiter, welche H. E. Lau*) in Berlin mit dem 10-Zöller der Uraniasternwarte während der Opposition des Planeten im Jahre 1910 ausgeführt hat, verrieten keine bedeutenden Veränderungen in seinem Aussehen seit der letzten Opposition, obwohl manche Streifen eine andere Gestaltung zeigten. Der alte „Rote Fleck" war nur am 19. März 1910 als eine schwach lachsrote Ellipse im Innern der „Bai" sichtbar; im April konnte er selbst bei guten Bildern nie erkannt werden, im Innern der Bai zeigte sich vielmehr nur ein grauer Nebelstreifen. Dunkle Knotenpunkte und hellbraune, rauchähnliche Massen in der Jupiteratmosphäre, die von Lau mehrfach gesichtet wurden, harren der Erklärung, die in diesen Punkten sowohl wie auch für das Gesamtaussehen des Planeten wohl noch lange mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen haben wird.

Die bevorstehende Opposition des Mars im November 1911 veranlaßte Herrn A. Baumann (Astron. Nachr., Nr. 4511), die Beobachter dieses Planeten einzuladen, eine von ihm im Jahre 1908 aufgestellte Erklärung der Marsoberfläche bei ihren Beobachtungen in Rechnung zu ziehen. Diese Erklärung**) besagt etwa folgendes: Die runden Flecke auf dem Mars sind wahrscheinlich Vulkane, und die Verdopplung des Lacus solis erklärt sich durch die Entstehung eines neuen Vulkans neben einem alten. Diese Vulkane bilden Inseln in den mit einer dicken Eisschicht bedeckten Marsmeeren. Die sogenannten Marskanäle sind Bruchlinien in dieser Eisdecke, breite Bänder von Eistrümmern, die durch aufeinander folgende Risse und Verschweißungen entstanden sind. Die Polflecken sind Niederschläge von Schnee oder Reif. Die Färbung der übrigen uns sichtbaren Oberfläche ist durch eine dünne Decke von flechtenartigen Pflanzen zu erklären, die von dem während der Nacht niedergeschlagenen und in der Sonnenhitze schnell schmelzenden Reife leben; vielleicht ist die Färbung aber auch auf ausgeschiedenes Salz oder vulkanischen Staub zurückzuführen.***)

Ein Hinweis auf die besonders zu beachtenden Orte, sagt Baumann in seiner eingangs erwähnten Aufforderung, ist zwar sehr wünschenswert, aber vom Standpunkt seiner Erklärung gewagt, weil diese eine ungeheure und natürlich unberechenbare vulkanische Tätigkeit auf dem Mars voraussetzt. Falls sich diese jetzt nicht besonders bemerkbar macht, dürften die folgenden Merkmale hervortreten. Der Lacus solis dürfte wieder etwas kleiner und die benachbarte Thaumasia etwas heller erscheinen, weil der auf das Eis gefallene vulkanische Auswurf teilweise einsinkt. Die weiße Kappe des Südpols wird wohl etwas größer bleiben als vor zwei Jahren, weil infolge der damaligen vulkanischen Vorgänge etwas mehr Wasserdampf als gewöhnlich über den dunklen Kontinent geführt wurde. Durch das mögliche Vorkommen von Pflanzen wird diese Erscheinung allerdings beeinflußt. Durch die während der ganzen Beobachtungszeit anhaltende Entfernung des Mars von der Sonne wird sich die Eisdecke des dortigen Meeres abkühlen und an einzelnen Stellen reißen. Die Risse dürften sich besonders dadurch bemerkbar machen, daß von benachbarten Kanälen einmal der eine, dann wieder der andere besser sichtbar ist. Jedenfalls empfiehlt es sich, vergleichende Angaben über die Sichtbarkeit der Kanäle immer mit dem Datum zu versehen.

Die Frage nach dem Vorhandensein merklicher Mengen von Wasserdampf und Sauerstoff in der Marsatmosphäre ist kürzlich von Campbell und Albrecht nach neuer Methode verneinend beantwortet worden. Die Forscher stellten Ende Januar und Anfang Februar 1910, als sich Mars von der Erde um 19 Kilometer in der Sekunde entfernte, Spektralaufnahmen des Marslichtes mit starker Zerstreuung her. Infolge des Dopplerschen Prinzips (siehe Jahrb. I, S. 16) mußten zu dieser Zeit alle in der Marsatmosphäre zu stande gekommenen Linien eine merkliche Verschiebung zeigen, und die auch dem tellurischen Spektrum angehörenden Wasserdampf- und Sauerstofflinien hätten daher auf diesen Aufnahmen verwaschen oder gar gespalten auftreten müssen, da die Marsabsorption sich mit der in der Erdatmosphäre entstandenen nicht mehr hätte decken können. Da jedoch von einer Verwaschenheit oder Spaltung der fraglichen Linien nichts wahrzunehmen war, so muß angenommen werden, daß der in der Marsatmosphäre vorhandene Wasserdampf und Sauerstoff jedenfalls an Menge sehr gering ist.

Die Beschleunigung oder Verlangsamung der kleinen und schwachen Mitglieder unseres Sonnensystems durch größere, anziehungsgewaltigere Geschwister tritt ziemlich häufig in Erscheinung. Auf der Sternwarte des Collegio Romano wurde Anfang Juli 1911 der Planetoid (175) Andromache wieder beobachtet, nachdem er im letzten Jahre bei einer Annäherung an den Jupiter erhebliche Änderungen seiner Bahnelemente erlitten hatte. Er ist um etwa 40° hinter dem Orte zurückgeblieben, den er erreicht hätte, wenn er ungestört in der Bahn und mit der Umlaufszeit weitergelaufen wäre, in der er sich zur Zeit seiner Entdeckung 1877 bewegt hat. Noch viel stärker wird sich die Bahnänderung bei der nächsten Erscheinung der Andromache 1912 bemerkbar machen. Die Umlaufszeit hat sich von 2098 Tagen im Jahre 1877 auf 2124 Tage, also um den 80. Teil, verlängert, während die Bahnexzentrizität um ein Neuntel, von 0·210 auf 0·187, abgenommen und das Perihel sich um 6° verschoben hat.*)

Kometen und Meteore.

Eine Störung ihrer anfänglichen Bahn haben sich auch einige für 1911 zu erwartende ältere Kometen gefallen lassen müssen. Im September des Jahres waren auf beiden Halbkugeln sechs Kometen

*) Astron. Nachr., Nr. 4509.
**) Astron. Nachr., Nr. 4348.
***) A. Baumann, Erklärung der Oberfläche des Planeten Mars, Zürich 1909.

*) Naturw. Rundsch., 1911, Nr. 30.

sichtbar, zu denen sich bald danach ein siebenter gesellte; drei davon waren periodische. Der im Sommer 1911 fällige Komet Encke hat sich als vierter (1911 d) ziemlich pünktlich eingestellt, was nach den unvorhergesehenen und schwankenden Verkürzungen der Umlaufszeit bei seinen früheren Erscheinungen nicht mit Bestimmtheit zu erwarten war. Diese Unregelmäßigkeiten schrieb man einer Begegnung des Kometen mit dem Sternschnuppenschwarm der Bieliden zu. Doch mag diese Durchkreuzung im letzten Jahrzehnt keine große Wirkung mehr ausgeübt haben, da sehr starke Jupiterstörungen 1901 in der Bahnbewegung der Bieliden erhebliche Verschiebungen hervorgebracht haben und der Enckesche Komet vielleicht ebenso wie die Erde nicht mehr mit dem Hauptschwarm zusammentrifft.

Als fünfter Komet des Jahres 1911 erschien im September der periodische Komet Borelly 1905 II, zunächst nur in stärkeren Fernrohren sichtbar, gegen Ende des Jahres auch in kleineren. Sein Periheldurchgang fiel auf den 18. Dezember 1911, die wirkliche Zeit desselben wich von der berechneten nur etwa um einen halben Tag ab; der Komet ist also keinen wesentlichen Störungen ausgesetzt gewesen.

Ein weiterer periodischer Komet, dessen Wiederkunft im Sommer 1911 erwartet wurde, ist der von Barnard entdeckte Komet 1884 II. Obwohl seine Umlaufszeit auf nur 5·4 Jahre berechnet war, ist er noch nicht zum zweitenmal beobachtet worden, wahrscheinlich wegen seiner ungünstigen Stellung bei den Periheldurchgängen 1890, 1895, 1900 und 1905. Ob er wegen der beträchtlichen Jupiterstörungen, denen er ausgesetzt war, nach so langer Zwischenzeit überhaupt aufzufinden sein wird, erscheint fraglich.

Planet oder Komet? lautet die Frage bei einem von J. Palisa in Wien am 3. Oktober entdeckten Sternchen 12. Größe, das, obwohl in Opposition zur Sonne, nicht rückläufig war, sondern sich rasch nach Südosten bewegte (32′ nach Osten und 34′ nach Süden innerhalb 24 Stunden). Eine solche Bewegung ist nur in einer parabelähnlichen Bahn möglich, und da diese bei Kometen weit wahrscheinlicher als bei Planeten ist, so könnte das Objekt möglicherweise auch ein Komet sein. Eine Nebelhülle ließ sich bei dem hellen Mondschein nicht ermitteln, photographische Nachsuchungen hatten bis Ende Oktober keinen Erfolg. Sollte die Bahn wider Erwarten nur mäßig exzentrisch sein, so müßte dieser Planetoid, falls es ein solcher ist, der Erde sehr nahe gestanden haben, viel näher, als ihr der berühmte Eros kommen kann.

Von den neu entdeckten Kometen hat bisher keiner die Größe der Helligkeit der beiden Hauptkometen von 1910, des Halleyschen und des 1910a, erreicht; sie bieten daher dem Nichtastronomen nicht viel Anziehendes. Über drei dieser neuen Kometen, 1911c Brooks, 1911f Quénisset und 1911g Beliawsky, berichtet Dr. F. S. Archenhold anfangs Oktober 1911 folgendes:*) 1911c ist noch heller geworden und bereits 2·5. Größe. Auf einer am 3. Oktober bei einer Expositionsdauer von nur zehn Minuten hergestellten Photographie läßt sich der Schweif auf der Originalplatte fast 5° weit verfolgen. Im großen Fernrohr der Treptower Sternwarte zeigte der Kern merkwürdige Ausstrahlungen, die unter einem Winkel von 70° gegeneinander verliefen und fast bis zum Ende des Kopfes zu verfolgen waren. Vieler Orten ist dieser Komet mit bloßem Auge und einer Schweiferscheinung gesehen worden. Seine Helligkeit scheint Schwankungen unterworfen zu sein.

1911f ist von Quénisset am 23. September auf der Sternwarte Juvisy bei Paris im Kleinen Bären entdeckt worden. Er bewegt sich fast um 2° Dekl. täglich nach Süden zu, so daß er in nördlichen Breiten nicht lange sichtbar blieb. Er gehört zur Schar der nichtperiodischen Kometen und erreicht seine Sonnennähe nach einer Bahnberechnung von Ebell am 12. November, um dann für immer aus dem Sonnensystem zu verschwinden. Da er sich immer weiter von der Erde entfernt, wird seine Helligkeit höchstens die eines Sternes 6. Größe erreichen. Am 8. Oktober 1911 betrug seine Entfernung von der Erde 150 Millionen Kilometer, am 20. Oktober schon 178 Millionen (die Entfernung des Mars von der Erde bewegt sich zwischen 75 und 375 Millionen Kilometer). 1911f zeigt gleich dem Brookschen Kometen einen längeren Schweif, aber sein Kern ist bedeutend kleiner.

1911g ist von Beliawsky auf der Simeïssternwarte in der Krim am 28. September im Sternbilde des Löwen bereits mit der Helligkeit eines Sternes 3. Größe gefunden. Er zeigte nach Archenholds Beobachtungen am 4. Oktober morgens einen scharfen Kern und einen gleichmäßigen 2° langen Schweif, der sehr breit war, so daß dieser Komet eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Johannesburger Kometen 1910a aufwies. Er zeigt eine starke Bewegung nach Osten.

Es sind also, wie Prof. Berberich bemerkt, in kaum mehr als einem Vierteljahr, seit dem 19. Juni, dem Datum der Wiederauffindung des Wolfschen Kometen, bis Anfang Oktober sieben Kometen, einschließlich dreier periodischen, gefunden worden. Eine ähnliche Häufigkeit ist nur 1898 vorgekommen, wo vom 11. bis 18. Juni fünf Kometen, darunter wie 1911 die Kometen Encke und Wolf, und am 12. September noch einer entdeckt wurden.

Die Frage nach der Natur und nach der Zugehörigkeit der Kometen ist immer noch nicht mit unumstößlicher Sicherheit entschieden, so daß die Ansichten neuerer Forscher darüber oft noch beträchtlich auseinandergehen.*) Die Erklärung der physischen Beschaffenheit und namentlich der Schweifbildung dieser merkwürdigen Weltallswanderer gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Astronomie. Immer mehr erweist sich jedoch die vor bald 300 Jahren von Kepler geäußerte Ansicht als zutreffend, daß die Kometenschweife durch die Sonne erzeugte Ausströmungen von Materie sind, durch welche die Kometen sich selbst verzehren.

Die Kometen werden auf Grund der neueren, namentlich der spektroskopischen und polariskopischen

*) Das Weltall, 11. Jahrg., Heft 24, 12. Jahrg., Heft 1.

*) Naturw. Rundsch., 26. Jahrg., Nr. 19 u. 24, Ref. von Krüger.

Untersuchungen ihres Lichtes von den meisten Forschern für Meteoritenwolken gehalten, d. h. für Ansammlungen fester, aber äußerst kleiner Körper, die sich in der Kälte des Weltraumes aus gasförmigen Stoffen verdichtet haben. Sie stellen sich beim ersten Sichtbarwerden gewöhnlich als rundliche verwaschene Nebelmassen dar, die wie dünne Schleier durch das Gesichtsfeld des Fernrohres ziehen, ohne das Licht der hinter ihnen stehenden Sterne im geringsten zu schwächen oder abzulenken. Während ihre Ausdehnung meist recht bedeutend ist und in einzelnen Fällen der der Sonne gleichkommt, bleibt ihre gesamte Masse immer sehr klein, wohl niemals größer als $^1/_{5000}$ der Erdmasse.

Je näher ein Komet der Sonne kommt, desto größere Veränderungen erleidet unter der Wirkung der Sonnenstrahlen sein Aussehen. Es verdampfen entsprechend ihren Siedepunkten zuerst Helium, Wasserstoff usw., dann die Kohlenwasserstoffe und andere leicht flüchtige Verbindungen und endlich auch die Metalle, namentlich Natrium und Eisen. Bei dieser wahrscheinlich auch mit elektrischen Vorgängen verbundenen Umwandlung durch die Wärme leiden die Kometen auf ihrer der Sonne zu gerichteten Vorderseite die stärksten Veränderungen. Man sieht die größeren Kometen gleichsam Dampfströme nach der Sonne zu ausstrahlen, die sich beim Aufsteigen wieder abkühlen und in einer halbkugelförmigen Haube, die aus einer oder mehreren Wolkenschichten besteht, konzentrisch um den Kometenkern legen. Aus der Haube strömen die Verdampfungsprodukte rückwärts in den Schweif, der bisweilen fächerförmig geteilt ist. Er folgt, solange der Komet sich der Sonne nähert, dem Kopfe. Daß er aber nicht bloß eine mitgeschleppte Fackel ist, beweist die Tatsache, daß er dem Kopfe vorangeht, sobald der Komet sich von der Sonne entfernt. Nach dieser Meteoritenhypothese ist also das wechselvolle Bild einer Kometenerscheinung die Wirkung der Sonnenstrahlung, indem zunächst eine Verdampfung und Ausstrahlung von Kometenmaterie nach der Sonne zu eintritt, die aber bald zur Umbiegung gezwungen wird und dann den stets von der Sonne abgewandten Schweif bildet. Als Ursache für diese Umkehr und die Abstoßung des Schweifes sieht man eine von der Sonne ausgehende Repulsivkraft an.

Für die Meteoritenhypothese sprechen nach D. Enginitis (Sur la constitution physique des comètes, Astron. Nachr., Nr.) einige von ihm bei der letzten Erscheinung des Halleyschen Kometen beobachtete Vorgänge. Aus ihnen schließt der Beobachter, daß die Kometen nur wenig Eigenlicht haben, daß der Schweif aus festen Partikeln besteht, die in einer gasförmigen Hülle zerstreut sind, und daß der Kopf aus festen Körperchen unbekannter Ordnung zusammengesetzt ist.

Zur Erklärung der Repulsivkraft ist die „elektrische Theorie" und die „Lichtdrucktheorie" aufgestellt worden. Die erstere erscheint zur Erklärung verschiedener Erscheinungen bei den Kometen nicht ausreichend. Die von Arrhenius aufgestellte Lichtdrucktheorie sieht die Ursache der Repulsivkraft oder abstoßenden Kraft in dem Drucke, den das Licht auf leichte feste Partikel der Schwerkraft entgegen ausübt. Einen ähnlichen Vorgang wie bei den Kometen, wo die Repulsivkraft die Schweife bildet, nimmt Arrhenius auch für die nächste Umgebung der Sonne an. Die Sonnenkorona zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit den Kometenhauben und den Kometenschweifen. Die Sonne wird also ebenso wie die Kometen Kondensationsprodukte durch den Lichtdruck verlieren, und da die abgeschleuderten Teilchen, wie Arrhenius nachweist, hauptsächlich negative elektrische Ladungen mit sich fortführen, muß die Sonnenoberfläche einen Überschuß an positiver Elektrizität gewinnen und sich anderen Himmelskörpern gegenüber wie ein positiver Konduktor verhalten.

Auf diese Voraussetzung haben E. D. Roe und W. P. Graham eine neue Kometentheorie gegründet (Suggestions for a new theory of Comets, Astron. Nachr., Nr. 4466). Nähert sich ein Komet der Sonne, so verliert er fortwährend negativ geladene Partikel, während die Zahl der positiv geladenen entsprechend steigt und der Kometenkern dadurch zum positiven Konduktor wird. Die positiv geladenen Bestandteile der Kometenhülle werden deshalb sowohl von dem Kometenkern als auch von der Sonne, als welche beide positiv geladen sind, abgestoßen und stoßen sich außerdem auch noch untereinander ab. Die Folge wird sein, daß sie längs der Kraftlinien des kombinierten elektrischen Feldes der Sonne und des Kometenkerns von dem Kometen sich zu entfernen streben. Die Kraftlinien bilden also die Bahnen für die in den Schweif abgestoßenen Teilchen. In der geschichteten Lichtausstrahlung in der Kometenhaube glauben Roe und Graham ein charakteristisches Analogon zu der Lichtschichtung sehen zu müssen, die man an der positiven Elektrode beim Durchgang der Elektrizität durch Vakuumröhren beobachten kann.

Als eine rein optische Erscheinung faßt L. Zehnder (Über das Wesen der Kometen, Physikal. Zeitschr., 11. Jahrg.) die Kometenschweife auf. Nach seiner Theorie ist die Abstoßung von Materie nur Schein und der Schweif nichts anderes als ein heller Schatten von beleuchtetem kosmischen Staub. Nach Zehnders Annahme kreisen in der Kometenwelt die Meteoriten einzeln oder auch schwarmweise in großen Abständen von einander und in allen möglichen Bahnebenen um den gemeinsamen Schwerpunkt. Kommt eine solche Wolke unter den Einfluß der Sonnenglut, so entstehen bei der anfangs sehr niedrigen Temperatur Gashüllen, zunächst nur um die einzelnen Meteoriten. Mit größerer Annäherung an die Sonne verdampft immer mehr Substanz und die Gashüllen der Einzelkörper beginnen zusammenzufließen, bis schließlich eine einzige Gasmasse die ganze Kometenwolke ausfüllt. Es bilden sich so gleichsam wachsende Gaslinsen von mehr oder minder regelmäßiger Gestalt und Dichte, welche die auf sie fallenden Sonnenstrahlen nach Stellen konzentrieren, die von der Sonne abgewandt liegen. Je größer die Gaslinsen, desto umfassender ist die Wirkung, die bei großen Kometen weit in den Weltraum hinausreicht. Durch Lichtzerstreuung wird uns so der kosmische Staub des Weltraumes als Kometenschweif sichtbar, ähnlich wie in einem Lichtbündel, der in ein dunkles Zimmer fällt, die zahllosen „Sonnenstäubchen" sichtbar wer-

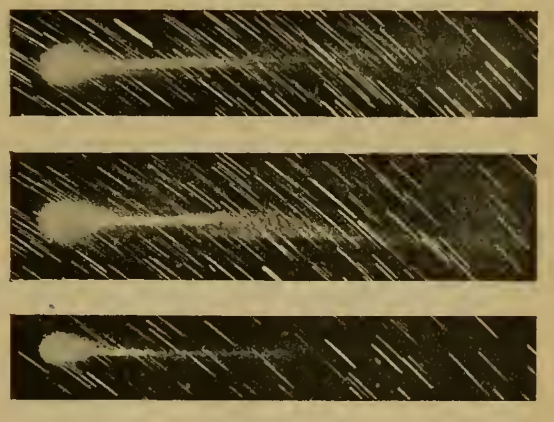
den und erst die Begrenzung des Strahlenbündels kenntlich machen.

Die Form der Schweife hängt von den brechenden Eigenschaften der Gaslinsen ab, und da deren Gestalt und Dichte sich mit der wechselnden Entfernung des Kometen von der Sonne schnell verändern wird, so muß auch die Gestalt der Kometenschweife großen Veränderungen unterliegen. Außerdem hängt die Form und die Helligkeit der Schweife auch noch von der zufälligen Verteilung des kosmischen Staubes ab, der sich in dem konzentrierten Lichtbündel befindet. Ist die Gashülle z. B. unregelmäßig begrenzt, besteht sie aus mehreren eben ineinanderfließenden kugelförmigen Gaswolken, so können mehrere Schweife sichtbar werden. Dr. Zehnder sieht eine Bestätigung seiner optischen Theorie besonders in solchen Kometenschweifen, die, wie z. B. der Komet Perrine 1902b oder Borelly 1903c, eine Kontraktion oder einen Brennpunkt mit nachherigem Auseinandergehen des Lichtes aufweisen. Lichtdruck oder elektrische Abstoßung könne eine solche Durchdringung der Schweiflinien in einem Brennpunkte nicht erklären, denn durch den Lichtdruck wird die fein verteilte Materie nur in der Richtung des Sonnenradiusvektors fortgetrieben, und unter Annahme abstoßender elektrischer Kräfte müssen sich die Teilchen sogar noch gegenseitig abstoßen. Nach der optischen Theorie dagegen erscheine die Brennpunktbildung als eine selbstverständliche Folgerung.

Welche von diesen Theorien die wirklichen Vorgänge am besten erklärt, werden erst weitere Kometenbeobachtungen und Messungen lehren.

Die Frage nach der kosmogonischen Stellung der Kometen, d. h. die Entscheidung darüber, ob die Kometen nur vorübergehende Besucher oder ob sie ständige Mitglieder des Sonnensystems sind, hat Prof. Elis Strömgren auf Grund exakter Berechnungen bearbeitet. Die Kometenbahnen sind Kegelschnitte, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht, und je nachdem sich für die Bahnexzentrizität, d. h. die Abweichung von der Kreisbahn, ein Wert ergibt, der kleiner, gleich oder größer als Eins ist, weiß man, daß die Bahn eine Ellipse, eine Parabel oder eine Hyperbel ist. Die Grundfrage der Kometenkosmogonie ist also die, welchen Wert die Bahnexzentrizität tatsächlich besitzt, und diesen zu bestimmen ist vielfach schwierig, da die Kometen in der Regel infolge ihrer Lichtschwäche nur kurze Zeit in der Nähe des Perihels zu sehen sind. In diesem Teile der Bahn aber fällt die Parabel so nahe zusammen mit einer sehr langgestreckten Ellipse oder mit einer Hyperbel, deren Exzentrizität nur unmerklich vom Werte Eins abweicht, daß es sich schwer entscheiden läßt, welche der drei möglichen Kurven vorliegt. Es läßt sich aus diesen Verhältnissen zunächst nur schließen, daß die Bahnen sehr große Dimensionen haben, und daß die Kometen sich der Sonne aus weit entfernten Räumen nähern, keineswegs aber, daß es Kometen mit anderen Exzentrizitäten nicht gibt. Solche Kometen würden uns nur unsichtbar bleiben, weil sie der Sonne nicht nahe genug kommen; denn damit ein Komet von der Erde aus überhaupt gesehen werde, muß seine kleinste Entfernung von der Sonne die Einheit der Entfernung, d. h. den Abstand der Erde von der Sonne, nicht wesentlich übersteigen.

Kometen, die sich in Parabeln oder Hyperbeln bewegen, können sich der Sonne nur einmal nähern und entfernen sich dann ohne Wiederkehr von ihr. Umkreist nun ein Komet die Sonne in geschlossener Ellipse, so ist damit noch nicht gesagt, daß er stets ein Mitglied des Sonnensystems gewesen ist. Die Bewegung eines Kometen, der auf einer parabelnahen Bahn in das Sonnensystem eintritt, wird durch die großen Planeten, wenn er ihnen nahe genug kommt, entweder verzögert oder beschleunigt, und diese Störungen genügen gerade, um eine schwach hyperbolische Bahnexzentrizität in eine schwach elliptische überzuführen und auch unter Umständen eine schwach elliptische in eine schwach hyperbolische zu verwandeln. Durch Berechnung der störenden Einflüsse und Ausschalten



Komet Borelly (1903).

ihrer Wirkungen müßte man die ursprüngliche Bahn eines Kometen dieser oder jener Art wiederherstellen können.

Diesen Versuch hat zuerst der 1902 verstorbene Pfarrer und Astronom Anton Thraen im Eichsfelde unternommen. Er hatte für den Kometen 1886 II aus der Bahnbestimmung die Perihelexzentrizität (e) = 1,000.229, also eine hyperbolische Bahn gefunden. Die Rückwärtsrechnung der Störungen seitens der Planeten Jupiter und Saturn führte zu folgenden Werten für e: 1884 am 15. August 1,000.177, 1883 am 23. April 1,000.052, 1882 am 5. Oktober 1,000.002. Aus diesen Zahlen zog Thraen den Schluß, daß bei genügender Rückwärtsberechnung die Exzentrizität unter die Einheit herabgehen würde, und in der Tat hat eine von Stroemgren ausgeführte exakte Rückwärtsrechnung eine entschieden elliptische Bahn für diesen Kometen ergeben.

Fayet, Fabry und Stroemgren haben derartige Berechnungen für eine große Zahl anderer Kometen mit hyperbolischer Bahn ausgeführt und gefunden, daß mit Ausnahme eines einzigen, des Kometen 1898 VII, der unsicher bleibt, alle jetzt hyperbolischen Kometen in der Vergangenheit elliptische Bahnen gelaufen sind. Das Ergebnis dieser auf streng ziffernmäßigen Unterlagen beruhenden Untersuchungen, die nichts Hypothetisches an sich

haben, gipfelt in dem Satze: „Wenn wir den Einfluß der Newtonschen Gravitation streng berücksichtigen und keine anderen Kräfte heranziehen, werden wir wahrscheinlich bei allen jetzt vorliegenden Kometenbahnen auf elliptische Exzentrizitäten geführt." Also auch die jetzt hyperbolischen wären ehedem einmal elliptische gewesen, d. h. das Sonnensystem würde allmählich ärmer an Kometen, während noch der kürzlich verstorbene Schiaparelli behauptete, daß die meisten oder sogar alle Kometen ursprünglich auf hyperbolischen Bahnen in das Sonnensystem eingedrungen seien und nachher erst durch Planeteneinfluß elliptische Bahnen erhalten haben.

Das Jahr 1911 brachte auch eine Anzahl interessanter Meteore und Feuerkugeln, von denen nur einige Erwähnung finden können. Am 10. April versetzte ein kolossales Lichtmeteor abends 7 Uhr die Bevölkerung Süditaliens und Siziliens in Schrecken. Der Himmel erstrahlte in intensivem Lichte, und es ließen sich vier sehr heftige Explosionen vernehmen, worauf die Erscheinung verschwand. Man glaubt sie in Beziehung setzen zu sollen einerseits zu einem bei der Ortschaft Palagonia unweit Messina entdeckten Erdloch, das bisher nicht vorhanden war und mit den Trümmern eines großen schwärzlichen Blocks angefüllt ist, anderseits zu einer Meteorerscheinung, die am selben Tage kurz vor 8 Uhr am Bodensee in Gestalt einer großen feurigen Kugel gesehen wurde und schließlich unter lauten Explosionen am Horizont verschwand (nach Zeitungsnachrichten).

Eine merkwürdige Sternschnuppe ist am 22. Mai nach 11 Uhr auf der Königstuhl-Sternwarte beobachtet worden. Bei wolkenlosem Himmel zog sie von Westen gegen Osten schräg herabkommend nahezu zentral mit großer Geschwindigkeit vor dem Sterne γ im Adler vorüber. Dabei zeigte die selbst schwache Schnuppe einen etwa $^1/_4{}^0$ breiten, matten Schweif, der nur momentan sichtbar war. Die Spur war etwa 4^0 lang. Nachdem der Schweif momentan erloschen war, blieb der Stern etwa $3^1/_2$ Sekunden lang völlig unsichtbar, sein Licht schien durch die in der Atmosphäre zurückgebliebene Materie der Sternschnuppe abgefangen zu sein (Astron. Nachr., Nr. 4503).

Eine helle Feuerkugel mit zweimaliger Schweifbildung beobachtete am 20. September 1911 F. S. Archenhold auf der Treptowsternwarte.*) Sie zeigte sich kurz nach 8 Uhr in der Nähe von φ Herculis aufleuchtend und in einer Helligkeit eines Sterns 1. Größe, indem sie einen perlschnurartigen Schweif hinter sich ließ, dessen Dauer drei bis vier Sekunden und dessen Helligkeit etwa 4. Größe war. Auf einer kurzen Strecke vom Endpunkt dieses Schweifes ($\alpha = 15^h\ 56^m$, $\delta = +29^0\ 9'$) bis etwa $\alpha = 15^h\ 43^m$, $\delta = +25^0\ 20'$ leuchtete die Kugel selbst in ihrem weiteren Laufe nur sehr schwach. Man hatte den Eindruck, als ob die ganze Erscheinung vorüber sei, als an dem angegebenen Punkte fast ohne Übergang die Kugel plötzlich so hell aufleuchtete, daß sie alle Gestirne, auch den Mond, in ihrer größten

*) Astron. Nachr., Nr. 4532.

Helligkeit übertraf und die ganze Plattform der Sternwarte erhellte. In diesem Moment trat auch ein Farbenwechsel auf, und zwar in so kurzen Bruchteilen einer Sekunde, daß die einzelnen Farben, rot, gelb und blau, nur noch eben aufblitzten. Dieses ganze explosionsartige Aufleuchten spielte sich auf einer ganz kurzen Strecke, von dem schon erwähnten Punkte bis in die Nähe von ρ Serpentis, ab. Auf dieser Strecke entstand nun ein sehr heller Schweif (etwa 2. Größe), der sehr breit war und eine Dauer von ungefähr sechs Sekunden hatte. Von diesem Grenzpunkt des zweiten Schweifes bis zum Schlusse der Bahn kam die Erscheinung nur einem Sterne 2.—3. Größe gleich und hinterließ keinen Schweif. Eine Detonation war während der ganzen Zeit sicherlich nicht hörbar.

Eine mehrmalige Ab- und Zunahme der Helligkeit, ein Flackern, wie es sowohl bei photographisch aufgenommenen als auch mit dem Auge gesichteten Meteoren vielfach beobachtet ist, zeigte ein am 11. August 1909 von Sykora an drei nicht weit voneinander liegenden Orten aufgenommenes Perseïdenmeteor. Nach diesen zu Taschkent, Iskander und Tschimgan gemachten Aufnahmen belief sich seine Höhe über dem Erdboden beim Aufleuchten auf 112, beim Erlöschen auf 81 Kilometer. Als Ausstrahlungspunkt ergab sich genau der Perseïdenradiant (Astron. Nachr., Nr. 4447).

Einer erneuten Untersuchung hat W. F. Magie*) den schon lange bekannten Meteorkrater von Arizona unterworfen. Dieser Krater, eine beträchtliche Aushöhlung in einer sonst ebenen Fläche Nordarizonas, erscheint annähernd kreisförmig mit einem oberen Durchmesser von 1200 Metern und einer Tiefe von 170 Metern; ein 36—46 Meter hoher Rand umgibt ihn. Dieser Wall setzt sich aus sehr kleinen Bruchstücken von Sand- und Kalkstein zusammen, und pulverisierte Massen dieser Gesteine hat man durch Bohrungen bis zu 180 Meter Tiefe nachgewiesen. Dieser Krater liegt im Mittelpunkt der Fläche, in der die Diablo-Canon-Meteorsteine gefunden sind; sie bestehen aus Eisen mit 6—8% Nickel und geringen Mengen von Platin und Iridium und enthalten daneben zahlreiche mikroskopische Diamanten. Diese Funde und die Anwesenheit noch anderer, teilweise oxydierter Eisenmassen haben zu der Annahme geführt, daß dieser Krater seinen Ursprung dem Aufprall eines Riesenmeteors verdanke.

Nach Magies Untersuchungen müßte dieses Meteor, wenn es aus einem Stücke bestanden hätte, einen Durchmesser von mindestens 75 Metern gehabt haben und sich als kompakte Eisenmasse in der Tiefe des Kraters noch jetzt durch beträchtliche magnetische Störungen verraten, was nicht der Fall ist. Der Meteorstein muß also beim Aufprall gänzlich zersplittert sein, oder es ist, wie das schon früher vermutet wurde, nicht ein Meteorit, sondern ganzer Schwarm kleinerer gefallen, die dann längst oxydiert sind. Nach Versuchen, die Magie mit Geschossen unter ähnlichen Bedingungen anstellte, ergab sich, daß die Meteormasse unter einem Winkel

*) Proceed. of Amer. Philosoph. Sor., Philadelphia, vol. 49 p. 41.

von ungefähr 30° aufgetroffen sein könnte, und daß nicht viel von ihr aus dem Krater zurückgeprallt sein wird. Vielleicht sind die in der Umgegend des Kraters gefundenen kleinen Meteoriten solche Bruchteile oder auch Begleiter der größeren Masse.

Die durch den Aufprall herausgeschleuderte Gesteinsmasse beträgt bedeutend mehr, als beim Bau des Panamakanals auszuheben ist, nämlich rund 300 Milliarden Kilogramm. Die dabei geleistete Arbeit hat mindestens $57 \cdot 10^{12}$ Meterkilogramm betragen und eine noch weit größere Energie ist zum Zertrümmern des harten Gesteinsgrundes und in Gestalt von Wärme verbraucht worden. Nach Magies Berechnung hätte es einer Masse von etwa 360 Millionen Kilogramm mit einer Geschwindigkeit von 29 bis 32 Kilometern in der Sekunde bedurft, um die zur Bildung des Arizonakraters nötige Energie zu entwickeln und alle noch jetzt zu beobachtenden Erscheinungen hervorzubringen.

Der Luftozean.

In vor Jahrzehnten uns noch völlig verschlossene Höhen und ungeahnte Geheimnisse dringt die Aerologie, die Lehre vom Luftmeer, von Jahr zu Jahr erfolgreicher vor. Früher darauf angewiesen, die meteorologischen Erscheinungen rein aus horizontalen und vertikalen Bewegungen der untersten, wenige Kilometer betragenden Atmosphärenschicht zu erklären, stand sie mit ihren Erklärungsversuchen vielfach vor anscheinend unlösbaren Rätseln. Heute beherrscht sie einigermaßen den Aufbau der einige hundert Kilometer hohen, wohlgeschichteten Erdatmosphäre und kann für ihre Witterungserklärungen und Prognosen Verhältnisse herbeiziehen, die vor kurzem noch unbekannt waren. Bald dürfte die Erklärung so ungewöhnlicher Vorgänge wie die große Hitze, die in der zweiten Hälfte des Juli und der ersten Hälfte des August 1911 in Mitteleuropa herrschte, nicht mehr außer dem Bereiche der Möglichkeit liegen.

Einen Überblick über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre im Lichte der Aerologie gibt eine Arbeit von W. Peppler.*)

Die Zirkulation der Atmosphäre schöpft ihre Energie in letzter Linie aus den allgemeinen Temperaturunterschieden des Luftmeeres zwischen dem Äquator und den höheren Breiten. Wo während des ganzen Jahres der Wärmegehalt des Luftmeeres einen Höchstbetrag erreicht, wird die Atmosphäre beständig in großer Mächtigkeit aufgelockert. Entsprechend der geringeren Abnahme des Luftdrucks in warmer Luft liegen hier die Luftdruckflächen am höchsten und senken sich gegen die kältere Atmosphäre höherer Breiten. Die Zone beständig höchster Mitteltemperatur der ganzen Luftsäule bedeckt naturgemäß die Tropen, fällt jedoch nicht direkt mit dem Äquator zusammen, sondern ungefähr mit dem zehnten Grad nördlicher Breite. Die bisher in höheren Schichten der Atmosphäre verschiedener Breiten gemachten Temperaturbeobachtungen ermöglichen es bereits, eine rohe Überschlagsrechnung des zwischen Äquator und höheren Breiten herrschenden Temperatur- und Luftdruckgefälles durchzuführen.

Nach den Ergebnissen der Registrierballonaufstiege besteht ein starkes Temperaturgefälle zwischen dem warmen Luftkörper der Tropen und dem kalten höherer Breiten, das seinen höchsten Wert in 9—10 Kilometer Höhe erreicht, um darüber bemerkenswerterweise rasch wieder abzunehmen. Oberhalb 11 Kilometer ist die tropische Atmosphäre bereits kälter als die der höheren Breiten. Die Mitteltemperatur der ganzen Luftsäule über dem Äquator ist erheblich höher als in höheren Breiten, was im allgemeinen schon lange bekannt war. Das wirksame Temperaturgefälle und demgemäß auch das Druckgefälle erreicht seinen höchsten Betrag in etwa 9 und 10 Kilometern und ist in allen Höhen gegen den Pol gerichtet. Überträgt man diese zunächst für das atlantische Gebiet und Europa gültigen Verhältnisse auf die ganze Nordhalbkugel, so stellt sich das Luftdruckgefälle zwischen Äquator und Pol als trichterförmige Senkung der Luftdruckflächen dar; die Polgegenden werden von einem Tiefdruckgebiet überlagert, das in seiner Form den von den Wetterkarten her bekannten Zyklonen ähnelt.

Gemäß dem gegen die höheren Breiten gerichteten Luftdruckgefälle müssen sich ständig Luftmassen niederer Breiten gegen höhere in Bewegung halten; es würde so in allen Höhen eine ständige Luftversetzung gegen den Pol erfolgen. Eine so einfache Zirkulation existiert aber in Wirklichkeit nicht, da die ablenkende Kraft der Erdrotation sie abändert. Die polwärts gerichtete Luftströmung wird infolge der nach rechts gerichteten Ablenkung der Erdrotation bereits in verhältnismäßig niederen Breiten zu einer westlichen; die Winde umkreisen den Polarwirbel in der Richtung der Breitenkreise, ohne daß noch ein erheblicher Übertritt von Luftmassen gegen höhere Breiten erfolgen kann. Die stauende Wirkung, die dabei gegen die vom Äquator nachströmenden Luftmassen ausgeübt wird, ist die Veranlassung zu den Gebieten hohen Luftdrucks über den tropennahen Gegenden (Subtropen). In tieferen Schichten fließt von ihnen die bekannte Passatströmung äquatorwärts; sie ist im Zentrum des subtropischen Hochdruckgebietes von geringer Mächtigkeit, wird aber mit Annäherung an die Tropen zu einer mächtigen östlichen Luftströmung, die bis zu den größten Höhen emporzureichen scheint. Der Gang des Rauches hoher Tropenvulkane und der gelegentlich des Krakatauausbruchs zu großen Höhen emporgeschleuderten feinsten Eruptivmassen bestätigen diese westliche Äquatorialdrift. Erst in neuerer Zeit dringt die Überzeugung durch, daß die Ostwinde über dem Äquator in großen Höhen wehen, wenn auch nicht mit solcher Stetigkeit, wie man anfänglich annahm.

In höheren Breiten ist die Zirkulation erheblich einheitlicher, da sie völlig in dem mächtigen von Ferrel erkannten Polarwirbel aufgeht. Mit zunehmender Höhe wird das polare Luftdruckgefälle sehr regelmäßig, und oberhalb 6 Kilometer sind auch die mächtigen Depressionszentren der nördlichen Ozeane und die winterlichen Maxima der großen

*) Naturw. Rundsch., 26. Jahrg., 1911, Nr. 27.

Festlandsmassen der Nordhalbkugel völlig im allgemeinen Polarwirbel aufgelöst.

Da die den Wirbel umkreisenden Luftmassen allmählich und stetig in höhere Breiten übertreten, so muß in irgend einer Höhe ein Rückströmen der polwärts versetzten Luft stattfinden. Während man diesen Rücktransport früher in Höhen von 4 bis 6 Kilometer annahm, meint man jetzt mit Hildebrandson, daß er im Niveau der Zirruswolken stattfinde, in etwa 8—10 Kilometer Höhe. Die direkten Windbeobachtungen aus diesen Höhen reichen allerdings zur Entscheidung dieser Frage noch nicht aus.

Bis hieher bietet die Anwendung der Ergebnisse der neueren Luftforschung auf die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre nichts prinzipiell Neues, es wird im allgemeinen die Ferrelsche Zirkulationstheorie bestätigt.

Oberhalb 9—10 Kilometer Höhe aber tritt eine fundamentale Änderung der vertikalen Temperaturverteilung in der freien Atmosphäre ein, die auch die allgemeine Zirkulation in den höchsten Höhen modifizieren kann.

Oberhalb der Zirrusregion bleibt, wie die Registrierballonaufstiege gezeigt haben, die Temperaturabnahme nicht konstant, sondern sinkt von dem Werte fast adiabatischer*) Abnahme rasch, um in etwa 9 Kilometer ein Niveau zu erreichen, von dem die Temperatur bis zu den größten Höhen nicht mehr abnimmt, in den meisten Fällen sogar etwas zunimmt. Diese ausgezeichnete Schichtfläche teilt die Erdatmosphäre in einen unteren konvektiven (dem Transport unterliegenden) und einen oberen stabilen Teil; ersteren hat Teisserenc de Bort treffend als Troposphäre, letzteren als Stratosphäre bezeichnet. Die begrenzende Schichtfläche nennt man bekanntlich die „obere Inversion". Registrierballonaufstiege unter verschiedenen Breiten haben gezeigt, daß die obere Inversion in niederen Breiten höher liegt als in höheren. Am Äquator beträgt ihre Höhe etwa 17 Kilometer, in Mitteleuropa 9, am Pol voraussichtlich 6 Kilometer, so daß ihre Senkung vom Äquator bis zum Pol etwa 11 Kilometer beträgt. Da die Temperatur der Stratosphäre um so niedriger ist, je höher die Schichtfläche liegt, so ist der Luftkörper der oberen Atmosphäre über den Tropen erheblich kälter als über höheren Breiten. In 16 Kilometer Höhe ist die Atmosphäre über den Tropen bereits um 20° kälter als in gleicher Höhe über Europa, und gegen den Pol mögen die Unterschiede noch beträchtlicher sein. Diese Temperaturverhältnisse können eine Rolle für die allgemeine Zirkulation spielen. Die Umkehrung des Temperaturgefälles in großen Höhen wird das vom Äquator gegen den Pol gerichtete Druckgefälle des Ferrelschen Polarwirbels allmählich aufheben und schließlich umkehren. Die aus den Temperaturen von A. Peppler berechneten Druckunterschiede machen dies wahrscheinlich. Das Gefälle des Ferrelschen Polarwirbels muß sich in der oberen Atmosphäre mit zunehmender Höhe verflachen und demgemäß auf die Intensität der Luftströmungen unter allmählicher Linksdrehung oberhalb 10 Kilometern abnehmen. Oberhalb 20 Kilometern würde unter diesen Voraussetzungen mit der Umkehrung des Druckgefälles eine Luftversetzung vom Pol gegen den Äquator stattfinden, und die Winde würden mit einer schwachen Abweichung nach Osten gegen niedere Breiten wehen. Ob die tatsächlichen Windverhältnisse mit diesen Annahmen übereinstimmen, läßt sich zurzeit noch nicht entscheiden, da die Strömungen in der Stratosphäre noch so gut wie unbekannt sind.

Die für die höchsten Höhen geforderte, aber noch sehr problematische Versetzung von Luftmassen aus höheren nach niederen Breiten wird allerdings für die allgemeine Zirkulation keine bedeutende Rolle spielen, da in diesen Höhen die Luftdichte bereits außerordentlich gering ist. Aber sie könnte eine gewisse Rolle spielen, wenn in der Zusammensetzung der Luft der oberen Atmosphäre zwischen Äquator und Pol wesentliche Unterschiede bestünden. Humphreys nimmt an, daß die obere Atmosphäre in polaren Breiten wesentlich ozonreicher sei als in niederen, was er auf die ozonisierende Wirkung der fortdauernden stillen elektrischen Entladungen in Form von Nordlichtern zurückführt. Auch bringt er die höhere Temperatur der Stratosphäre über höheren Breiten mit dem verschiedenen Ozonreichtum in Verbindung, da das Ozon eine starke auslesende Absorption für die Strahlung besitzt. Eine in der oberen Atmosphäre gegen den Äquator gerichtete Luftströmung würde die ozonreichere Luft höherer Breiten zu den ozonarmen äquatorialen Gebieten führen und in gewissem Sinne ausgleichend wirken.

Dafür, daß die Stratosphäre für die Erdatmosphäre eine gewisse Rolle spielen kann, sprechen auch noch andere Momente. Wie erwähnt, ist an der Grenze der Stratosphäre in 8—10 Kilometer Höhe das Druckgefälle zwischen Pol und Äquator am kräftigsten, so daß in dieser Höhe wahrscheinlich ein Rücktransport der zum Pol geschafften Luftmassen stattfindet. Es spricht manches dafür, daß im gleichen Niveau ein primärer Anlaß zur Entstehung und Veränderung der ständigen Hoch- und Tiefdruckgebiete höherer Breite zu suchen ist. Gelegentliche Änderungen des Temperaturgefälles zwischen niederen und höheren Breiten müssen sich auch in einer Änderung des Druckgefälles in großen Höhen äußern und Luftmassen bald zu niederen, bald zu höheren Breiten abfließen lassen, die auf die allgemeine Zirkulation rückwirken werden. So wird es vielleicht künftig möglich sein, daß die Kenntnis der höheren Schichten der freien Atmosphäre die Prognostik der die tieferen Schichten durchquerenden atmosphärischen Störungen fördert.

Den obersten Schichten der Atmosphäre, die schon früher Gegenstand seines Studiums waren (siehe Jahrb. 1911, S. 42), wendet Dr. A. Wegener*) aufs neue seine Aufmerksamkeit zu. Er hatte nachgewiesen, daß sowohl aus den Dämmerungserscheinungen wie auch aus

*) Adiabatisch nennt man einen Vorgang, der ohne Abgabe oder Aufnahme von Wärme verläuft.

*) Phys. Zeitschr., XII (1911), Nr. 5 u. 6; Meteorol. Zeitschr. 1911, Heft. 9.

den sogenannten leuchtenden Nachtwolken auf eine markante Schichtgrenze der Atmosphäre in etwa 70 Kilometer Höhe über dem Erdboden geschlossen werden müsse. Es wurde darauf hingewiesen, daß auch rein theoretisch nach den Gasgesetzen gerade in dieser Höhe ein ziemlich plötzlicher Umschlag in der Zusammensetzung der Atmosphäre anzunehmen sei, indem von da an aufwärts das Wasserstoffgas, das in der Luft über dem Erdboden nur in minimalen Mengen nachweisbar ist, der vorherrschende Bestandteil der Atmosphäre wird.

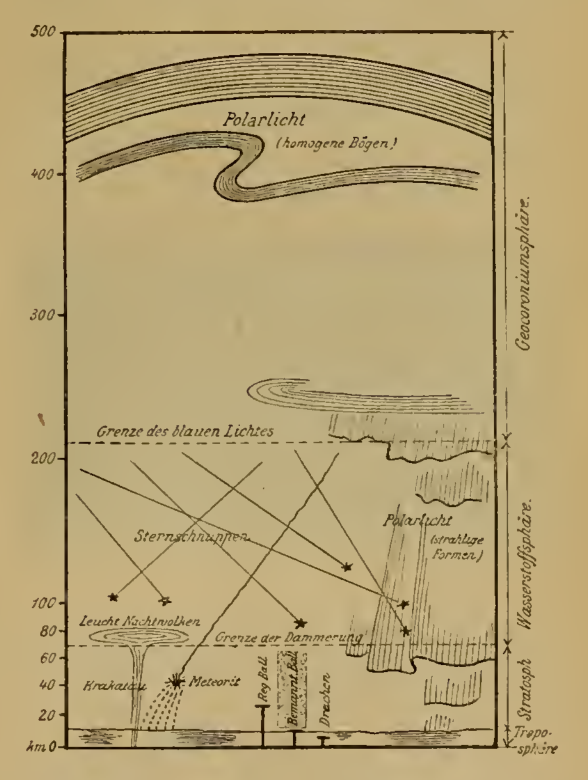
In seiner neueren Untersuchung kommt Dr. Wegener nun zu dem Schlusse, daß an der Zusammensetzung gerade der höchsten Schichten noch ein unbekanntes, äußerst leichtes Gas beteiligt sein müsse, für das er den Namen „Geocoronium" vorschlägt, weil es wahrscheinlich identisch mit dem gleichfalls noch unbekannten Koronium der Sonnenatmosphäre ist. Die Realität dieser Annahme läßt sich mit Hilfe der Erscheinungen der leuchtenden Nachtwolken, der Sternschnuppen und des Polarlichtes erweisen.

Die leuchtenden Nachtwolken, die man seit dem Ausbruch des Krakatauvulkans im Jahre 1883 beobachtete, bestehen offenbar nicht aus festen vulkanischen Auswurfstoffen, da sie sich sonst gleich den Staubmassen, welche die bekannten abnormen Dämmerungserscheinungen verursachten, im Laufe der Zeit hätten herabsenken müssen. Sie stellen vielmehr höchst wahrscheinlich echte Wolken dar, die sich bei der lokalen Hebung jener Schichten in der gewöhnlichen Weise bildeten. Nur die ungeheuren Mengen von Wasserdampf, die für ihre Entstehung in diesen Schichten notwendig angenommen werden müssen, dürften auf den Ausbruch des Vulkans zurückzuführen sein. Denn da oberhalb 11 Kilometer Höhe wegen der gleichförmigen Temperatur keine Vertikalbewegungen der Gase mehr möglich sind, muß auch die Verteilung des Wasserdampfes in diesen Schichten nach Maßgabe der Gasgesetze erfolgen, die relative Feuchtigkeit von der Zirruswolkenschicht nach oben zu ständig abnehmen und jede Wolkenbildung oberhalb 11 Kilometer unmöglich sein, wenn nicht durch Vulkanausbrüche eine neue Quelle des Wasserdampfes geschaffen würde.

Hätten die Ausbruchsgase des Krakatau einen hohen Prozentsatz von Wasserdampf enthalten, wie es in der Tat bei vulkanischen Gasen nicht selten der Fall ist, so würde sich hieraus erklären, daß dieselben die isothermen Schichten der Stratosphäre überhaupt zu durchsteigen vermochten und sich erst an den Grenzen der Wasserstoffsphäre (in Höhe von 60 bis 70 Kilometern) seitlich ausgebreitet haben.

Weiter ist zu beachten, daß die Sternschnuppen im allgemeinen bei etwa 150 Kilometer Höhe aufleuchten und bei etwa 80 Kilometer erlöschen, so daß sie sich ganz in der Wasserstoffsphäre abspielen. Hiemit stimmt auch eine von Pickering erhaltene Photographie des Spektrums einer solchen Sternschnuppe überein, welche hauptsächlich die in Betracht kommenden Wasserstofflinien zeigt. Dies betrifft die gewöhnlichen Sternschnuppen. Aber auch die großen Meteore haben anfangs das Aussehen von Sternschnuppen und nehmen erst von einem bestimmten Punkte ab eine außerordentliche Helligkeit an. Dieser Punkt ihrer Bahn entspricht höchst wahrscheinlich dem Eintritt in die Stickstoffatmosphäre, innerhalb deren auch sämtlich die Höhen liegen, in denen diese Meteore zu explodieren pflegen, nämlich zwischen 4 und 47 Kilometer Höhe. Zwei von Blajko erhaltene Meteorspektrogramme zeigen nach Dr. Wegener die Stickstofflinie, so daß es sich hier um Meteore zu handeln scheint, die in die Stickstoffsphäre eingedrungen sind.

Gewisse Schallphänomene lassen sich auch als indirekter Beweis für das Dasein der oberen



Durchschnitt durch die Lufthülle der Erde bis 500 km Höhe.

Wasserstoffsphäre verwenden. Man findet, daß bei gewaltigen Detonationen, z. B. bei der Dynamitexplosion an der Jungfraubahn am 15. November 1908, außer einem die Explosionsstelle umgebenden Gebiete normaler Hörweite des Schalles ein zweites, noch viel ausgedehnteres Gebiet abnormer Hörweite vorhanden ist, das von ersterem durch eine rund 100 Kilometer breite „Zone des Schweigens" getrennt ist. v. dem Borne hat diese zweite Hörbarkeitszone auf eine Reflexion des Schalles an der Wasserstoffsphäre zurückgeführt, eine weit vollkommenere Erklärung der Erscheinung als die Zurückführung des Phänomens auf die Wirkung des Windes. Vielleicht könnte man diese Schallphänomene schon vermittels einzelner Kanonenschüsse zu einer weiteren Erforschung der obersten Luftschichten systematisch verwenden.

Das Polarlicht ist nach den neuen Untersuchungen Birkelands und Störmers auf Kathodenstrahlen zurückzuführen, die von der Sonne kommend durch den Erdmagnetismus abgelenkt wer-

den und die Atmosphäre zum Leuchten erregen. Deshalb muß das Spektrum des Polarlichtes stets das Spektrum desjenigen Luftgemisches sein, in dem es sich abspielt. Es können zwei Arten des Polarlichtes unterschieden werden: die „Draperien" und andere Formen strahliger Struktur, deren scharfer unterer Rand meist in etwa 60 Kilometer Höhe erscheint, und die sogenannten „homogenen Bögen" ohne strahlige Struktur, für welche Höhen von mindestens 400 bis 500 Kilometer anzunehmen sind. Die helleren und darum auch am häufigsten untersuchten strahligen Formen reichen also aus großer Höhe bis in die Stickstoffsphäre hinein, woraus sich eine große Mannigfaltigkeit des Spektrums ergibt.

Von dem größten Interesse aber sind die Beziehungen, welche sich für die viel umstrittene Hauptlicht des Polarlichtspektrums (557 μμ) ergeben; sie schreibt Dr. Wegener dem Geokoronium zu. Ausschlaggebend hiefür ist, daß das Spektrum der oben genannten homogenen Bögen lediglich aus



Draperie-Nordlicht.

dieser Linie besteht. Dies deutet offenbar darauf hin, daß diese Spektrallinie von einem Gase stammt, das sich hauptsächlich nur in den höchsten Schichten der Atmosphäre befindet.

Unter Benutzung der Dämmerungsbeobachtungen von See, nach denen noch die Schichten bis zu 214 Kilometer Höhe einen äußerst schwachen bläulichen Nachdämmerungsbogen erzeugen, ist anzunehmen, daß der Übergang von der Wasserstoffzone zur Geokoroniumzone etwa in 200 Kilometer Höhe zu suchen ist, was auch dadurch bestätigt wird, daß die Sternschnuppen erst unterhalb dieser Grenze aufleuchten.

Aus allem ergibt sich eine vollkommene Analogie zwischen der Erd- und der Sonnenatmosphäre; denn auch in der Sonnenatmosphäre sehen wir in der „Chromosphäre" eine beiderseits begrenzte Wasserstoffsphäre, und darüber liegt der sehr ausgedehnte Bereich eines noch unbekannten, offenbar leichteren Gases, des Koroniums, das die nur bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbare Korona bildet. Dem Umstand, daß eine Reihe von Kometen diese Sonnenkorona ohne merklichen Widerstand passiert hat, entspricht bei der Erde die Tatsache, daß die Sternschnuppen erst in der Wasserstoffsphäre aufglühen. Das Spektrum der Sonnenkorona gleicht allerdings nicht dem des hypothetischen Geokoroniums; denn die Korona zeigt die grüne Linie nicht bei 557, sondern bei etwa 530 μμ. Solange wir aber von beiden Spektren nur je eine Linie kennen, sind wir nicht berechtigt, die Gase deswegen für verschieden zu halten, da ja die meisten Elemente über mehrere verschiedene Spektra verfügen.

Auch das Problem des Zodiakallichtes scheint durch diese Untersuchungen auf eine neue Grundlage gestellt zu werden, indem das Zodiakallicht nunmehr als letzter Dämmerungsbogen aufgefaßt werden kann, der die noch vom Sonnenlicht durchstrahlte Geokoroniumsphäre repräsentiert. Die sich über den ganzen Himmel spannende Lichtbrücke sowie der „Gegenschein" würden darauf hindeuten, daß auch der Raum zwischen den Planeten in unserem Sonnensystem noch in merklicher Dichte mit diesem Gase erfüllt ist, welches nach der Sonne zu ständig an Dichte gewinnt und in die Korona übergeht.

Zu demselben Ergebnis über die Natur des Tierkreislichtes kommt F. Schmid in seiner Arbeit: Neue Beobachtungen über das Zodiakallicht.*) Er widerlegt zunächst die Annahme, daß das Zodiakallicht der Reflex einer kosmischen Staubwolke sei, die sich linsen- oder scheibenförmig um ihren Mittelpunkt, die Sonne, lagert und entweder weit über die Erdbahn hinaus- oder bis zu ihr hinanreichen soll. Mit dieser von ihm zurückgewiesenen Ansicht stimmt die seinige in einem Punkte überein, indem beide das Zodiakallicht auf reflektiertes Sonnenlicht zurückführen. Diese Annahme hat sich nach den spektroskopischen Ergebnissen, die auf der Licksternwarte und auf dem Mount Wilson gewonnen wurden, neuerdings vollständig bestätigt.

Um die tellurische Natur des Zodiakallichtes endgültig festzustellen, hat F. Schmid es in letzter Zeit unternommen, die Sternbedeckungen der Zodiakallichtpyramide für längere Zeit systematisch zu verfolgen, und ist dank des günstigen Winterhalbjahres 1909—10 zu sehr lohnenden Ergebnissen gelangt, die den Hauptgedanken seiner Theorie erheblich unterstützen. Aus allen Beobachtungen hat sich der Eindruck erneuert, daß das Zodiakallicht sehr ruhig leuchtet; spürbare Pulsationen gehören offenbar zu den Seltenheiten, auch die Lichtverteilung sowie die Lichtgrenzen bleiben sich sehr konstant und schließen die Annahme, daß der Reflex von einer unregelmäßig verteilten, aus fluktuierenden Teilen bestehenden Masse herrühre, wohl vollständig aus. Die markanteste Lichtgrenze findet sich beim westlichen wie beim östlichen Lichte am Südschenkel, während der Nord- resp. Ostschenkel für genauere Beobachtungen bedeutend höhere Anforderungen stellt. Die Lichtstärke ist sowohl beim östlichen wie beim westlichen Lichte zwischen Lichtachse und Südschenkel größer als zwischen Lichtachse und Nord- bezw. Ostschenkel. Diese ungleiche Lichtverteilung rührt wohl daher, daß infolge der Nähe der zarten reflektierenden Massen in der Nordhälfte das Licht zerstreut wird, während es sich infolge größerer Entfernung der südlichen Partien für unsere Beobachtungen konzentrieren muß.

F. Schmid zeigt nun an der Hand einer Anzahl ausgewählter Zeichnungen des Morgen- und

*) Beiträge zur Geophysik, Bd. XI (1911), Heft 1.

Abend-Zodiakallichtes, daß die Verschiebungen der Gestirne im Laufe einer Beobachtungsperiode ganz konstant und gesetzmäßig vor sich gehen. Wir stellen für die östliche Pyramide im Laufe ihrer Sichtbarkeitsperiode ein Austreten einzelner Sternbilder aus dem Südschenkel fest, und für die westliche Pyramide beobachten wir im Laufe des Winters ein Eintauchen der Sterne in den Südschenkel. Diese hier nicht näher auszuführenden Beobachtungsergebnisse sind wohl ein klarer Beweis dafür, daß das Zodiakallicht kaum kosmischen Ursprungs sein kann, sondern daß wir es vielmehr in nächste Beziehung zur Erde bringen müssen. Die gewonnenen Resultate lassen voraussetzen, daß Beobachtungen aus verschiedenen Breiten der nördlichen und südlichen Halbkugel perspektivische Differenzen ergeben werden, die verschiedene Widersprüche über die Lage des Zodiakallichtes aufklären dürften.

In Nächten mit langer Sichtbarkeitsdauer scheint auch eine geringe Verschiebung der Sternbilder in der Tierkreislichtpyramide stattzufinden, was allerdings bei den unbestimmten Grenzen des Lichtmaximums und bei der Zartheit der äußersten Zonen sehr schwer festzustellen ist. Auch das würde eine Bestätigung für die Anschauung F. Schmids bilden, daß das Zodiakallicht keine kosmische, sondern eine tellurische Erscheinung ist. Es ist die noch lange nach Sonnenuntergang sichtbar bleibende und lange vor Sonnenaufgang sichtbar werdende beleuchtete Atmosphäre unserer Erde.

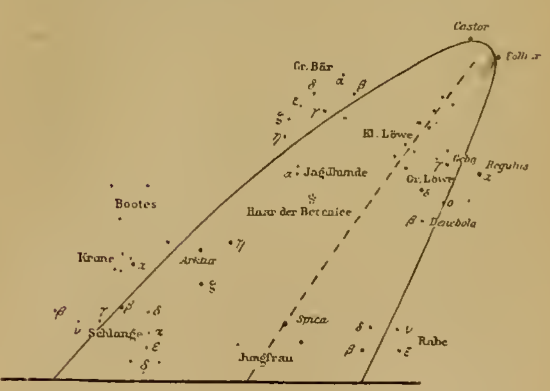
Die in großen Höhen schwebenden leuchtenden Nachtwolken sind auch im Jahre 1911 aufgetreten. Prof. M. Wolf meldet unter dem 5. Juli von der Königstuhl-Sternwarte: In der vergangenen Nacht wurden von uns, zuerst von Herrn J. Helffrich, leuchtende Nachtwolken gesehen, die am Nordhorizont in intensiv weißlich-grünem Lichte erstrahlten. Die Mitte lag etwa 8⁰ vom Nordpunkt gegen Ost in einer Höhe von 6⁰. Sie zeigten sich ungefähr von 1 Uhr ab. Die ganze Nacht lag Rot am Nordhorizont. Die Farbenfolge in den Wolken von oben nach unten war: blau, strahlend helles smaragdgrün, ockergelb, braunrot und blutrot am Horizont. In dem Zirrus waren stellenweise prächtig feine Wellen ausgebildet. Die Erscheinung zeigte nordlichtartigen Charakter, aber die Helligkeit und die Farben des Horizonts hinter und unter den Wolken paßten nicht recht zu dieser Auffassung. Auch die Dämmerungserscheinungen waren seit einigen Tagen verstärkt.*)

Wichtige Beziehungen zwischen der oberen Atmosphäre und dem Wärmehaushalt der Erde versucht der Meteorologe Humphreys**) wahrscheinlich zu machen. Er stellt die Annahme auf, daß der Luftkörper der oberen Atmosphäre relativ reich an Ozon sei, der sich unter der in diesen Höhen energischen Wirkung der Strahlung bilde. Eine weitere Quelle der Ozonbildung sieht er in den stillen elektrischen Entladungen, die sich in großen Höhen ständig abspielen und ein wirksames ozonisierendes Agens darstellen sollen. Verhältnismäßig selten am Äquator, werden die stillen Entladungen mit Annäherung an hohe Breiten in Form der Nordlichter fast zur alltäglichen Erscheinung. Einen direkten Beweis für den Ozonreichtum der oberen Atmosphäre können Spektrobologramme von Angström sowie die Tatsache liefern, daß eine Region intensiver irdischer Strahlung mit einem dicken Absorptionsband des Ozons im Spektrum zusammenfällt.

Humphreys kommt zu dem Schlusse, daß die Höhe und Temperatur der oberen Inversion



14. Oktober 1910, morgens 4 h 30 m. Luft 1—2.



30. November 1908, morgens vor Eintritt der Dämmerung. Luft 1.

Sternbedeckungen des Zodiakallichtes, beobachtet von F. Schmid unter 47⁰ 21′ nördl. Breite und 9⁰ 6′ östl. Länge von Gr.

einerseits von dem Betrage der Strahlung der unteren Atmosphäre, anderseits von dem durch die isotherme Zone absorbierten Teil der Strahlung abhängt. Die Absorption ist aber eine Funktion der Zusammensetzung der Luft, also auch ihres Ozongehaltes. Man kann annehmen, daß die obere Atmosphäre über dem Äquator die Strahlung schlecht absorbiert, daher muß hier eine relativ niedere Temperatur herrschen, d. h. die isotherme Region höher und kälter sein. Am Pol dagegen, wo die energischen elektrischen Entladungen einen großen Ozongehalt erwarten lassen, der die Absorption der Strahlung vermehrt, ist die obere Atmosphäre erheblich wärmer.

Bestehen derartige Beziehungen zwischen Nordlichtern, Ozongehalt und Temperatur der Atmosphäre, dann muß ein Maximum der Nordlichter mit einem Maximum des Ozongehaltes und infolge der vermehrten Absorption mit einem Anwachsen

*) Astron. Nachr., Nr. 4513.
**) Naturw. Wochenschr., X (1911), Nr. 16, Ref. von W. Peppler.

der Temperatur verbunden sein. Die Nordlichter sind zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima am zahlreichsten und stärksten. Da die Sonnenflecken Stellen relativ geringer Strahlung sind, wird zur Zeit des Minimums der Sonnenstrahlung infolge des vermehrten Ozongehaltes die stärkste Absorption stattfinden, eine Beziehung, die Humphreys in den Satz zusammenfaßt: „Zu der Zeit, da die Erde den geringsten Wärmevorrat von der Sonne bekommt, hält sie ihn am besten zurück, zur Zeit der größten Strahlungsenergie am wenigsten, so daß im ganzen die Mitteltemperatur, soweit es diese Phänomene angeht, sich wenig ändert."

Auf den Ozongehalt der Atmosphäre führt W. M. Thornton die seltene Erscheinung der Kugelblitze zurück.*) Sie stellen sich nach starken Lichtblitzen als helle blaue Kugeln ein und fallen entweder langsam aus den Wolken nieder oder schweben horizontal einige Fuß über der Erdoberfläche dahin. Sie besitzen elastische Kohäsion und explodieren schließlich ohne Rest unter starkem Ozongeruch. Thornton nimmt zur Deutung dieser Erscheinung an, daß die Kugelblitze meist aus Ozon im Zustand lebhafter Wiedervereinigung zu Sauerstoff bestehen. Dafür spricht, daß man bei ihrem Verschwinden Ozon nachgewiesen hat und daß die Gase, aus denen sie bestehen, schwerer sind als die Luft, was nur von Ozon gilt, das unter der Wirkung einer elektrischen Spannung in der Luft in größerer Menge erzeugt wird. Daß die Kugelblitze beim Auftreffen auf die Erdoberfläche oft abgelenkt werden und horizontal fortwandern, als würden sie zurückgestoßen, beruht darauf, daß gewöhnlich sowohl die Erdoberfläche als auch das Ozon negativ geladen sind. Die in dem Volumen eines Kugelblitzes bei der Verwandlung des Ozons in Sauerstoff frei werdende Energie reicht aus, um die Heftigkeit der Explosion beim Zerspringen zu erklären. Die gewöhnlich auftretende blaue Farbe ist von der funkenlosen Elektrizitätsentladung in der Luft bedingt, welche die Entstehung von Ozon veranlaßt.

Diese Betrachtungen führen zu der Annahme, daß der hauptsächliche, wenn auch vielleicht nicht einzige Bestandteil der Kugelblitze eine Anhäufung von Ozon und teilweise zersetztem Sauerstoff ist, die nach einer schweren Blitzentladung von einer negativ geladenen Wolke durch eine elektrische Woge fortgeführt wird.

Die Meteorologen Trabert und Defant haben die Ergebnisse des Gewitterbeobachtungsnetzes, das von 1901 bis 1905 in Niederösterreich eingerichtet war, zur Bereicherung unserer Kenntnis der Gewitterbildung**) benutzt. Die großen Terrainunterschiede innerhalb des Kronlandes, Flußniederung, Ebenen, Mittelgebirge und Alpenhöhen, gaben eine Bestätigung des bekannten Satzes, daß die Ebenen im allgemeinen gewitterärmer als die Gebirge sind. Während die weiten Flächen des Tullner- und des Marchfeldes durchschnittlich nur zehn Gewitter erhielten, stieg deren Zahl in den höchsten Gebieten auf mehr als 40. Schon durch niedrige Bodenerhebungen wird die Gewitterhäufigkeit verhältnismäßig stark erhöht, und zwar ist die relative Erhebung über die Umgebung, nicht die absolute Höhe das Ausschlaggebende.

Die Untersuchung der Ursprungstätten und der Auflösungsgegenden der Gewitter ließ interessante Beziehungen zu den Terrainverhältnissen erkennen. Die Ausbildung von Gewitterherden erscheint besonders durch die Bergländer und deren Hänge begünstigt, während in den Ebenen eine Hemmung oder gar Auflösung der Gewitterbildungen stattfindet, die von den Berghängen abwärts gegen die Ebenen vordringen. Die Richtung, welche die Gewitter einschlagen, hängt besonders von der allgemeinen Wetterlage und den vorherrschenden Luftströmungen ab, wird aber auch von den Terrainverhältnissen stark beeinflußt, wobei diese beiden Einflüsse sich in ihren Wirkungen teils verstärken, teils aufheben können. Die Gewitter folgen vorzugsweise der abfallenden Richtung der Flußläufe und Bodensenken und erlöschen mit Vorliebe in den Ebenen; dieser Weg ist im allgemeinen länger als der an den Abhängen hinab ins Tal führende, daher sind Gewitter, die dieser durch das Terrain vorgeschriebenen Richtung folgen, auch die ausgedehntesten und langlebigsten.

Das sommerliche Maximum der Gewitter spaltet sich in Niederösterreich in zwei Maxima, eines im Mai und das zweite im Juli, wie auch in Deutschland der Frühsommer häufig eine regere Gewittertätigkeit erkennen läßt. Hinsichtlich der Häufigkeit am Tage treten drei ausgeprägte Höhepunkte hervor. Das erste Maximum entfällt auf die Zeit von 10 bis 12 Uhr vormittags, das zweite in 2 bis 3 Uhr nachmittags, das dritte in 5 bis 6 Uhr abends. Hierin drückt sich deutlich der Einfluß der örtlichen Verhältnisse aus; das erste und dritte Maximum verdanken ihr Dasein den periodischen Winden der Gebirgshänge, indem der Wind vormittags von den Ebenen zu den Hängen hin weht, gegen Abend umgekehrt. Diese Strömungen geben den Anstoß für die Gewitterbildung, die also da, wo die Berg- und Talwinde am ausgeprägtesten auftreten, vormittags und abends am stärksten sich vollzieht. In den ebenen Gebieten ist dagegen das mittlere Maximum zur Zeit der stärksten Erwärmung der unteren Luftschichten, die labile Gleichgewichtszustände schafft, am besten ausgeprägt.

Über die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen über dem Erdboden sind wir durch die im letzten Jahrzehnt regelmäßig ausgeführten Drachenaufstiege ziemlich gut unterrichtet. Prof. Köppen*) hat in einem Aufsatz über „Luftbahnen am Erdboden und in der freien Atmosphäre" folgende interessante Zahlen veröffentlicht:

Mittlere Windgeschwindigkeit beobachtet in

Seehöhe	Lindenberg i. d. Mark.	Hamburg u. Gr. Borstel.
20 Meter		5·2 Meter
129 "	5·1 Meter	
500 "	9·4 "	11·0 "
1000 "	9·6 "	11·7 "
1500 "	9·4 "	
2000 "	9·8 "	12·5 "

*) Philos. Magaz. vol. 21. (1911), p. 630.
**) Meteorol. Zeitschr., Bd. 27, (1910) Heft 8.

*) Annalen der Hydrographie 1910, Heft 10.

Hiezu stimmt auch die auf dem Eiffelturm, 280 Meter über den Dächern von Paris, beobachtete mittlere Windgeschwindigkeit von 8·7 Metern gut. Es zeigt sich also, daß die Windgeschwindigkeit bei der Erhebung um nur 500 Meter auf ungefähr das Doppelte anwächst, um dann bis zu den höchsten mittels des Drachens erreichbaren Höhen konstant zu bleiben. Es wird also nur die unterste Luftschicht durch die Reibung an der Erdoberfläche verzögert, von etwa 500 Metern ab fließt die Luft in gleichmäßigem Strome bis zu beträchtlicher Höhe auf den durch das barische Windgesetz dargelegten Bahnen dahin.

Das Antlitz der Erde.

(Geophysik und Geologie.)

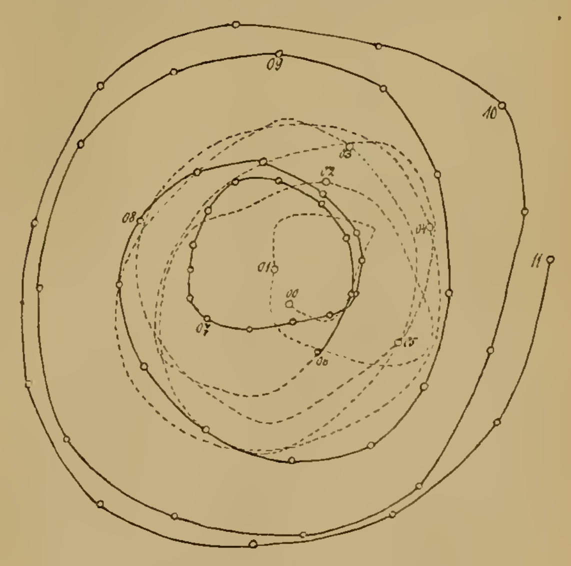
Polschwankungen oder Polverschiebungen * Rätsel der Erdtiefen * Auf deutscher Erde * In fremden Erdteilen * Das Eiszeitalter * Erdbeben und Vulkane.

Polschwankungen oder Polverschiebungen?

Auf Grund der Arbeiten des Internationalen Breitendienstes auf dem Nordparallel hat Prof. Th. Albrecht*) die Kurve des Polweges für das Jahr 1910 berechnet und dargestellt. Diese Darstellung zeigt, daß die Amplitude, der Abstand der Bahn des Pols vom Polpunkt, im Jahre 1910 noch weiter zugenommen und einen Betrag erreicht hat, wie er bisher in dieser Größe noch nicht beobachtet worden war. Vielleicht wird daher das Jahr 1910 wiederum als ein Jahr mit einem Maximalwert der Amplitude anzusehen sein wie das Jahr 1903. Während in diesem aber der mittlere Abstand des Momentanpols vom mittleren Pol nur 0″ 20 betrug, ist er für 1910 auf 0″ 32 angewachsen. Es bestätigt sich also, daß die Polkurve überhaupt nicht durch eine einfache mathematische Formel darstellbar ist, sondern daß außer den regelmäßig wirkenden Ursachen auch noch anderweitige, der Rechnung nicht zugängliche Faktoren den Lauf der Kurve in hohem Grade beeinflussen.

Beweisen uns die Ergebnisse der mit allem Raffinement der modernen Meßmethoden ausgeführten Polmessungen, daß tatsächlich Schwankungen des Pols um eine mittlere Pollage bestehen, so beginnen anderseits die Aussichten, sichere Beweise für Verschiebungen des Pols in Nordsüdrichtung, für die sogenannte Pendulationstheorie, zu finden, immer schwächer zu werden. Wir haben seinerzeit den Lesern das Jahrbuches nach Möglichkeit ausführliche Darstellungen des Sinnes dieser so bestechenden Hypothese gebracht,**) deren Begründer und Hauptvertreter der Ingenieur P. Reibisch, Prof. Dr. H. Simroth und P. Kreichgauer sind. Wir sind es ihnen deshalb schuldig, auch die Stimmen zu Worte kommen zu lassen, welche die Zulässigkeit der Pendulationstheorie mit wohlbegründeten Tatsachen bestreiten, sollte dadurch auch manche schon lieb gewordene Meinung umgestoßen werden.

Die Pendulationstheorie, am umfassendsten in Prof. Simroths gleichnamigem Buche dargestellt, besagt in Kürze, daß die Erde zwei feste Pole hat, die ungefähr in der Gegend von Sumatra und Ekuador liegen. Zwischen diesem Ost- und Westpol pendelt die Nordsüdachse langsam hin und her, indem der am weitesten von den beiden Schwingpolen entfernte Meridian, der durch die Beringstraße gehende, als Schwingungskreis bezeichnete, die stärksten Ausschläge erfährt. Dadurch



Verlauf der Polbewegung 1900—1906 (----) und 1906—1911 (——).

rücken die einzelnen Punkte der Erdoberfläche unter immer andere Breiten, wobei sich natürlich auch ihre Stellung zur Sonne und ihr Klima verändert, was dann wieder auf Tier- und Pflanzenwelt von größtem Einfluß sein muß. So führen diese Pendelausschläge die geologischen Perioden herbei. In der diluvialen sowie in der permischen Eiszeit lag unser Erdteil weiter nördlich, im Eozän und in der Kreidezeit mehr nach Süden. In welcher Weise durch das Bestreben der Ozeane, das Rotationsellipsoid der Erde beizubehalten, Kontinente und Inseln allmählich aus der Wasserhülle hervortreten oder in ihr untertauchen mußten, so daß nicht nur durch Veränderung des Klimas, sondern auch durch mechanische Verdrängung Tiere und Pflanzen zu

*) Astron. Nachr., Nr. 4504.

**) Jahrb., I, S. 47; II, S. 112. III, S. 87; IV, S. 79; VI, S. 63; VIII, S. 75.

Wanderungen gezwungen wurden, das wolle der Leser an den gegebenen Orten selbst nachsehen. Hier sei nur noch wiederholt, daß die Anhänger der Pendulation als astronomische Ursache dieser Erscheinung den Aufsturz eines zweiten, kleineren Erdmondes in der Gegend des heutigen südlichen Afrika ansehen.

Diese Hypothese, der gewiß eine bestechende Großartigkeit und Einheitlichkeit nicht abzusprechen ist, gerät nun nach Ansicht ihrer Gegner überall mit den Tatsachen in Konflikt. Zunächst schon die Ursache der Pendulation, der Aufprall eines zweiten Erdmondes, wird bestritten mit dem Hinweis darauf, daß ein der Erde sich nähernder kleinerer Weltkörper sich vor dem Zusammenstoß aufgelöst haben müßte, wie G. H. Darwin und Roche mathematisch bewiesen haben; und ihre Rechnung ist bisher nicht widerlegt. Sollte der Aufsturz wirklich erfolgt sein, so sei er, wie andere nachweisen, keineswegs geeignet, eine Bewegung nach Art der Pendulation hervorzurufen; dazu gehöre vielmehr eine dauernd und regelmäßig wirkende Kraft. Simroth hat zwar jüngst in dem Magnetismus eine Dauerkraft, ohne die ein Pendeln überhaupt ausgeschlossen erscheint, gebracht; aber auch durch sie könnte, wie Dr. Arldt darlegt, nur die Erde im ganzen, nicht aber die Achse innerhalb der Erde ins Schwanken geraten. Die Pole würden am Himmel, nicht auf der Erde wandern, ähnlich wie bei der Erforschung der Präzession, des „Vorrückens" der Nachtgleichen.

In einer Arbeit über die Frage: Sind Hypothesen über Polverschiebungen unentbehrlich? zeigt E. Sommerfeldt,*) daß gewöhnlich zwei ganz verschiedene Schwankungen der Erdachse miteinander vermengt werden. Es seien scharf zu trennen Polachsenschwankungen ohne und solche mit Polverschiebung. Bei den ersteren ändert sich nur der Winkel zwischen Erdachse und Ekliptik, während die Achse in bezug auf die Erdoberfläche sich nicht verschiebt; bei den letzteren verschiebt sich die Erdachse innerhalb der Erdkugel. Der erste Fall, Schwankungen in der Schiefe der Ekliptik, ist von Laplace schon berechnet worden, und zwar bis zum Betrage von 6°. In Polargegenden müssen diese Schwankungen sich auch klimatisch bemerkbar machen, doch reichen diese Wirkungen zur Erklärung der Klimaschwankungen vergangener geologischer Perioden nicht aus.

Für den zweiten Fall, die Polverschiebung auf der Erde, lassen sich drei Unterfälle unterscheiden: entweder verschiebt die Achse sich einfach innerhalb der Erde, als eines Ganzen, oder die Erdkruste gleitet über dem ruhig fortrotierenden Erdkern dahin (siehe Jahrb. IX, S. 83), oder aber nur der innere Kern erfährt eine Drehung; in den beiden letzten Fällen kommen immer neue Punkte der Erdkruste über die Rotationspole des Kerns zu liegen. Solche Schwankungen sind bisher nicht nachgewiesen, und die kleinen, eingangs geschilderten Schwankungen der Polhöhe, von den Anhängern der Pendulation gern herangezogen, beweisen im Gegenteil, daß die Erdachse eine außerordentlich konstante Mittellage gegenüber störenden Einflüssen einnimmt. Noch sei keine brauchbare Erklärung geliefert, welche Kräfte eine Polverschiebung größeren Maßstabes bewirken könnten, wie sie zur Erklärung der klimatischen Probleme notwendig wäre. Es sind dazu so enorme Kräfte nötig, daß Arrhenius die wohl ganz berechtigte Folgerung zieht, die Erdachse sei während der Epochen, in denen sich die Bildung der geologischen Formationen vollzog, konstant gewesen. Wenn nun gegen die Polverschiebung eingewandt wird, daß sich dabei die Abplattung der Pole wie auch der äquatoriale Wulst hätten verschieben müssen, so scheint uns das bei der Plastik, die der Erdrinde innewohnt, nicht unmöglich und kein Beweis gegen die Möglichkeit solcher Verschiebungen.

E. Sommerfeldt behauptet, daß Polverschiebungshypothesen entbehrlich seien und gibt zur Erklärung des Klimaproblems in vergangenen Epochen, besonders der größeren Wärme, die in früheren Perioden in Gegenden hoher Breite geherrscht haben muß, eine neue Hypothese. Diese fußt auf der indirekten Wirkung des Erdinnern vermittels warmer Quellen, wie ja Geisire und Vulkane noch heute im hohen Norden (Island, Kamschatka) nicht selten sind.

Gegen die Annahme von Polverschiebungen richtet sich auch eine Arbeit Fr. v. Kerners*) über die extremen thermischen Anomalien auf der Nordhalbkugel und ihre Bedeutung für die Frage der geologischen Polverschiebungen. Eine Zusammenstellung der Wärmeabweichungen zeigt, daß alle „Beweise", die man für eine Polverschiebung in der Tertiärzeit entdeckt zu haben glaubt, nur scheinbare sind; denn alle diese Tatsachen lassen sich auch durch Anomalien des Klimas ähnlich den jetzt beobachteten erklären. An einer Reihe von Beispielen zeigt v. Kerner, daß die Methode, aus der Verbreitung der Floren und der daraus ermittelten Lage der Temperaturzonen auf eine veränderte Pollage zu schließen, zu großen Fehlern führen kann, da die Temperaturzonen nicht den Breitegraden parallel verlaufen. Würde z. B. die jetzige Flora des Varangerfjords (am nördlichen Eismeer) in fossilem Zustand durch eine Polverschiebung um 10° südwärts in die Gegend des Ladogasees versetzt, während in dieser Breite das gleiche Klima herrschte wie jetzt, so würde man aus dem Florencharakter schließen, daß die Flora nicht etwa 10° nördlicher gelebt habe, wie dies wirklich der Fall ist, sondern etwa 5° südlicher, da sie einem um 4° wärmeren Winterklima entspricht. Hier würden wir also zu einem der Wahrheit geradezu widersprechenden Schlusse kommen. So erscheint es völlig unstatthaft, aus vereinzelten Temperaturveränderungen auf Polverschiebungen zu schließen.

Die Anhänger der Polverschiebungshypothesen führen für sich ins Feld, daß nach der Wirkung der Pendulation einem früher warmen Klima auf einem Erdquadranten ein kälteres auf dem nach Süden oder Osten gegenüberliegenden Quadranten

*) Zentralbl. f. Mineral., Geol. u. Pal., 1910, Heft 22.

*) Meteor. Zeitschr., Bd. 26, Heft 10; Naturw. Rundsch., 1911, Nr. 18.

entsprechen haben müsse, wie es tatsächlich der Fall gewesen sei. So habe z. B. zu der Zeit, da Spitzbergen, Grönland und selbst Grinnelland eine auf wärmeres Klima deutende Flora trugen, Japan ein kühleres Klima als gegenwärtig besessen. Dies scheint tatsächlich für eine Polverschiebung nach dem nordöstlichen Asien hin zu sprechen. Und doch fallen, wie v. Kerner zeigt, diese Unterschiede noch ganz innerhalb des Bereiches der Temperaturanomalien, die man auch heute noch beobachtet. Die extremen Wärmeanomalien auf der Nordhalbkugel reichen aus, um die einem Breitenunterschied von 20° entsprechenden mittleren Temperaturunterschiede auf einem Meridiankreise gegeneinander auszugleichen. Es haben z. B. gleiche Julitemperaturen die je um 180 Längengrade voneinander getrennten Orte: Magdalenenbai auf Spitzbergen unter 80° und Matthäusinsel im Beringmeer unter 60° nördlicher Breite, oder untere Lena (70° n. Br.) und Neufundland (50° n. Br.), oder Kama (60° n. Br.) und Westküste von Kalifornien (40° n. Br.). Eine Verschärfung der Temperaturanomalien, die gar nicht groß zu sein braucht, genügt vollständig zur Erklärung der beobachteten Verbreitungstatsachen der Pflanzen.

Es gibt auch manche Tatsachen, die direkt gegen die Annahme der Pendulation sprechen. In einer Arbeit über die mutmaßliche tertiäre Landverbindung zwischen Asien und Nordamerika auf dem Wege über die Beringstraße hat A. Knopf eine solche bekannt gegeben. Auf der Halbinsel Seward lagern über metamorphen Gesteinen zerstreut Konglomerate, Sandsteine und Schiefer, die der kretazeischen oder eozänen Kenaiformation gleichaltrig sein dürften und stellenweise kleine Kohlenlager, aber keine Versteinerungen führen. Dagegen hat man auf der etwa 240 Kilometer südwärts liegenden St. Lorenz-Insel, der größten Insel des Beringmeeres, in den gleichen Schichten einige Dikotyledonen und Nadelholzreste gefunden, unter denen eine Sequoia (Mammutbaum) sicher festgestellt worden ist. Diese Entdeckung beweist vor allem, daß im Obereozän in Alaska gemäßigte oder subtropische Bedingungen geherrscht haben, daß es also damals dort wärmer war als in der Gegenwart, was ja auch für die gleiche Periode für Europa längst nachgewiesen ist. Damit entfällt aber die Möglichkeit, den eozänen Klimazustand Europas durch eine Polverschiebung zu erklären, denn diese hätte in Alaska, das ebenso wie Europa unter dem Schwingungskreise liegt, zur selben Zeit eine Verschlechterung des Klimas herbeiführen müssen.

Besser als aus der Verteilung der Floren könnte man Polverschiebungen aus Änderungen in der Lage der großen Windgürtel, der Kalmen- und der Passatzone und des Gebietes der westlichen Winde, erschließen, da diese mehr als die Wärmegürtel den Breitengraden parallel verlaufen. Fr. v. Kerner zeigt aber, daß auch hier noch andere Umstände mitwirken, die sichere Schlüsse fast unmöglich machen. So erreichen die den genannten drei Windgürteln entsprechenden charakteristischen Bodenarten, Laterit, Wüstensand und Lehm, z. B. in Afrika und Europa einerseits, Asien anderseits ihre Nordgrenze in ganz verschiedener Breitenlage, nämlich

	Laterit	Wüstens.	Lehm
in 0—20° östl. L. (Afr., Eur.) in	10—15°,	30—33°,	49—51°
in 70—110° östl. L. (Asien) in	25—30°,	44—48°,	73—78°

nördlicher Breite. Wüstenbildungen können also nicht die ehemalige Lage einer Gegend in der Passatzone beweisen, wie Innerasien zeigt; mächtige Flußablagerungen hinwieder, die für großen Regenreichtum sprechen, beweisen nichts gegen eine Passatlage, wie Nordindien erkennen läßt.

Die wuchtigsten Stöße, Angriffe mit ebenso großer Sachkenntnis wie Besonnenheit geleitet, hat Dr. Th. Arldt gegen die Pendulationstheorie geführt.*) Verweilen wir darum einen Augenblick bei der Arbeit, in der er die biogeographischen Grundlagen der Theorie zu widerlegen sucht. (Archiv für Naturgeschichte.)

Mit den Tatsachen der Physik und Geologie, heißt es in der Einleitung, steht die Theorie in völligem Widerspruch. Ein Stoß, wie Simroth meint, hätte nie eine Pendulation verursachen können, wir können uns überhaupt keine Kraft vorstellen, die derartige regelmäßige Schwankungen der Erdachse innerhalb der Erde verursachen könnte. Auch hat Simroth sich hier mehrere bedenkliche Fehler zu Schulden kommen lassen, besonders bei seiner Auffassung der Präzession. Die Tatsachen der Formationskunde, Eiszeitgeologie, Morphologie, Tektonik, Vulkanologie, Erdbebenkunde, Paläogeographie stehen in gleichem Maße in Widerspruch mit der Theorie, der deshalb nach Prof. Koken nicht einmal der Rang einer Arbeitshypothese zukomme. Bei oberflächlichem Anschauen scheint sich ja alles der Theorie ganz schön einzufügen, aber alle diese Beziehungen sind doch nur eine willkürliche Auswahl. Die zahlreichen widerstreitenden Tatsachen sind Simroth unbekannt geblieben. Aber auch in den von ihm gebrachten Beispielen fehlt es nicht an Irrtümern und zum Teil groben Fehlern, er verwickelt sich dabei in solche Widersprüche, daß man für den Gegenbeweis nur selten über den Rahmen dessen hinauszugehen braucht, was er selbst zur Debatte gestellt hat. Was seine Lehre so gefährlich macht, ist der Umstand, daß sie den Biologen blendet, der nicht den Unwert der Theorie für die anderen Wissenszweige kennt. Natürlich könnte auch die glänzendste biologische Beweisführung die Theorie nicht retten, wenn sie nicht auch für die anderen Wissenszweige paßt.

Dr. Arldt unternimmt nun zu zeigen, daß auch in der Biologie nicht alles so prächtig zur Pendulation stimmt, wie es nach Simroths begeisterten Worten den Anschein hat. Zunächst betrachtet er Simroths Darlegung der Heimat der Organismen. Daß Simroth die Lebewesen entgegen sonstiger Annahme vom Lande stammen läßt, ist für die Pendulationstheorie nebensächlich. Wenn er die erste Heimat des Lebens in den polaren Gegenden sucht, so wäre dagegen einzuwenden, daß die dort eintretenden langen Nächte für die erste Entwicklung des Lebens nicht gerade günstig gewesen sein können. Arldt möchte

*) Beiträge zur Geophysik., Bd. (1909); Archiv für Naturgesch., 75. Jahrg. I Bd., Heft 2.

die Heimat des Lebens eher in den gemäßigten Zonen suchen und vertritt die Meinung, daß diese Zonen, wenn sie einmal belebt waren, auch ihr Leben behielten. Er hält es für ganz unmöglich, daß das Leben bei seiner ungeheuren Expansionskraft ein Gebiet wieder aufgegeben haben sollte, das es einmal erobert hatte. Und doch sagt Simroth: „Klar aber erscheint der Schluß, daß diese ursprünglichste Lebewelt, die auf Maximaltemperatur abgestimmt war, bei weiterer Abkühlung immer von den Berghöhen und den Rotationspolen weg und schließlich in die Tropen gedrängt wurde; denn es ist wohl kaum anzunehmen, daß die wärmeliebenden Organismen in der Zeit, in welcher die Abkühlung ungefähr bis auf die jetzigen Verhältnisse sich vollzog, bereits an kühlere Temperaturen sich angepaßt hatten."

Weshalb — fragt dagegen Arldt — sollen sich die Tiere nicht der langsamen Abkühlung anpassen können, da doch Millionen von Jahren erforderlich sind, damit die Erde sich nur um einen einzigen Grad abkühlt. Außerdem ist doch die Wärme nicht der einzige Faktor, der die Verbreitung der Organismen bestimmt, das Licht ist nicht weniger wichtig, ebenso die Feuchtigkeit, und da diese Verhältnisse sich beim Verweilen in der gemäßigten Zone nicht wesentlich änderten, wohl aber beim Übergange nach den Tropen hin, so mußten unbedingt die gemäßigten Gebiete ebenso gut ihre Fauna und Flora behalten, wie diese sich nach den Tropen hin verbreiteten.

Aus den Tropen sollen nun die Organismen erst durch die Pendulation herausgehoben worden sein, und von da ab ist Europa nach Simroths Ansicht die Allmutter alles Lebens. Einen Beweis dafür liefert er freilich nicht, dieser liegt einzig und allein in der Pendulationstheorie, und da letztere durch die Ausbreitung der Lebewelt von Europa aus doch auch wieder bewiesen werden soll, so liegt ein vollständiger Kreisschluß vor. Arldt beweist, daß Europa als Heimat für viele Gruppen nicht möglich ist.

Auch manche andere Folgerungen der Pendulationstheorie lassen sich schon ohne Eingehen auf Einzelheiten als wenig glaublich erweisen. Nach Simroth würden bei einer Pendulation die Tiere seitwärts (ost- und westwärts vom Schwingungskreise) ausweichen, um in derselben Breitenlage zu bleiben. Das ist eine ganz unberechtigte Überschätzung der Wärmewirkung und eine Unterschätzung der Zeit. Bei 3 Meter Verschiebung im Jahre, wenn also zu einer Bewegung um einen Grad 37.000 Jahre erforderlich sind, werden die zahllosen Generationen von Lebewesen wohl Zeit haben, sich den neuen Lebensverhältnissen anzupassen, so langsam und unmerklich muß diese Änderung eintreten. Infolgedessen sind auch die südöstlichen und südwestlichen Wanderlinien recht zweifelhaft. Ähnlich verhält es sich mit der nord-südlichen (meridionalen) Symmetrie. Anstatt auf diese und ähnliche Punkte näher einzugehen, führen wir nun die Schlüsse an, die Dr. Arldt aus seinen Schilderungen der jetzigen und früheren Tier- und Pflanzenverbreitung hinsichtlich der Pendulationstheorie zieht.

Danach zeigt ein Überblick über die Wirbeltiere, daß wohl viele Einzelheiten durch die Simrothschen Ausführungen sich erklären ließen, daß aber doch seine Beweisführung keine zwingende ist. Keineswegs genügt die Biogeographie allein, die Pendulationslehre zu stützen. Es kann so gewesen sein, wie Simroth die Ausbreitung annimmt, aber auch anders, und wir sahen, daß diese anderen Annahmen oft einfacher und weniger gezwungen sind als die, welche Simroth seiner Hypothese zuliebe machen muß.

Nach Betrachtung der Gliederfüßler zeigt sich, daß auch unter ihnen nicht alles so klappt, wie Simroth denkt. Da seine Symmetrien logisch durchaus nicht begründet sind, so gibt seine Theorie in vielen Fällen keine treffende, meistens keine einfache Erklärung, und in anderen ist seine Herleitung wohl möglich, aber noch lange nicht als richtig oder nur wahrscheinlich erwiesen. Also auch hier versagt das biogeographische Beweismaterial ebenso wie das geologische und alles andere, was sonst noch für die Pendulationstheorie vorgebracht worden ist. Vielfach scheint die Beweisführung auch nur durch eine Art Hineinzwängen der Tatsachen in das Schema ermöglicht, wie z. B. folgende Bemerkung Arldts beweist: Protestieren möchte ich nur noch dagegen, wenn Simroth die Sandwichinseln an den Ostpol (Gegend von Sumatra) verlegt, während sie in Wirklichkeit 104°, also mehr als einen Viertelkreis, von ihm abstehen und eher noch an den Westpol (Ekuador) sich anschließen ließen, von dem sie nur 76° abstehen.

Zum Schlusse seiner tiergeographischen Untersuchung sagt Dr. Arldt: Damit wollen wir unsere Bemerkungen über das Tierreich abschließen. Wir haben zum mindesten gezeigt, daß das biologische Beweismaterial, das Simroth bringt, nicht zwingend ist, daß man die Verbreitungen der Tiere oft auch anders und wohl auch einfacher erklären kann. Damit ist aber der Pendulationstheorie das Urteil gesprochen. Das biologische Material könnte sie vielleicht als möglich erscheinen lassen, wiewohl auch strikte Widersprüche nicht fehlten; sicher beweisen kann es sie keinesfalls, und deshalb ist ein Weiterarbeiten auf ihrem Grunde völlig zwecklos, solange nicht die physikalischen und geologischen Einwände gegen sie völlig widerlegt sind. Denn nur dann könnte an den Beweis der Theorie gedacht werden.

Aber, heißt es zum Schlusse, wenn auch die Biogeographie die Pendulationslehre selbst als Arbeitshypothese wohl oder übel wird ablehnen müssen, so wird sie doch auf diesen und auf manchen anderen Anregungen Simroths mit großem Nutzen weiter bauen, und Simroths Buch wird so doch noch für die Wissenschaft fruchtbar werden, wenn auch nicht in der Weise, wie es der Verfasser erhofft hat.

Rätsel der Erdtiefen.

Daß dem Geologen genügend Zeit für Erdschwankungen nach Art der Pendulation, seien sie noch so langsamen Charakters und weitesten Ausschlags, zur Verfügung steht, zeigen die neuesten Be-

rechnungen über das Alter des Erdballs, soweit es sich in der Bildung der geologischen Schichten verfolgen läßt. Die Geologen beanspruchten schon früher ein weit höheres Alter, als die Physiker ihnen auf Grund ihrer Berechnungen zugestehen konnten. Jetzt zeigt es sich, daß die ersteren doch recht hatten, und daß seit der Bildung der ältesten Schichten mit ziemlicher Gewißheit mehrere hundert Millionen von Jahren verstrichen sind.

Prof. J. Koenigsberger hat eine Darstellung der physikalischen Methoden zur Berechnung des Erdalters gegeben.*) Die ursprünglichen Versuche zu seiner Ermittlung gründeten sich auf die Abkühlung der Erde und lieferten sehr unsichere Ergebnisse, die z. B. für die seit Starrwerden der Erde verflossene Zeit zwischen 33 und 100 Millionen Jahren schwankten. Für die Zeit seit Beginn des Algonkiums ergibt sich bei Berechnung aus der Abkühlungsformel der zweifellos viel zu kleine Wert von etwa 30 Millionen Jahren; es wird nicht in Betracht gezogen, daß während der Abkühlung ganz bedeutende Wärmemengen frei werden mußten, erstens durch die beim Auskristallisieren der Mineralien sich entwickelnde Schmelzwärme, zweitens durch die allmählich fortschreitende Oxydation, ferner durch radioaktive Wärmeentwicklung, endlich durch Umsetzung der Gravitationsenergie, die bei der Zusammenziehung der Erde frei wurde, in Wärme. Jedenfalls sind also 30 Millionen Jahre ein Minimum der Zeit, die seit Eintritt des Algonkiums vergangen ist.

Ein anderer Weg der Berechnung fußt auf der Zusammenziehung des Erdballs infolge der Abkühlung. Nathorst und Neumayer nehmen an, daß der Erdradius seit der Silurzeit sich um rund 5 Kilometer verkürzt habe. Dem entspräche eine Temperaturerniedrigung um 30°, woraus sich als Zeit des Silurbeginnes etwa 200 Millionen Jahre ergeben, eine Ziffer, die mit den von den Geologen geforderten schon besser übereinstimmt. Wie wenig Sicherheit dieser Weg noch bietet, ergibt sich daraus, daß ein anderer Forscher, Rudzki, auf ähnlicher Grundlage für die gleiche Spanne den jedenfalls zu großen Wert von 500 Jahrmillionen errechnet hat.

Alle weiteren Methoden erdphysikalischer Natur werden jedoch an Interesse und Sicherheit des Ergebnisses durch die aus radioaktiven Vorgängen, besonders aus dem Heliumgehalt gewisser Mineralien abgeleiteten Altersbestimmungen übertroffen. Diese anfänglich von Rutherford ausgebildete Methode ist neuerdings besonders von Prof. Strutt angewandt worden. Er hat aus dem Heliumgehalt der betreffenden Gesteine im Verhältnis zu ihrem Gehalt an radioaktiven Substanzen, aus denen sich das Helium bekanntlich bildet, das Alter der Gesteine bestimmt und dadurch eine untere Grenze für das geologische Alter der Schichten, denen diese Mineralproben angehören, feststellen können. Diesen Berechnungen war die von Rutherford theoretisch und experimentell bestimmte Heliummenge, die 1 Gramm Radium pro Jahr erzeugt, zu Grunde gelegt worden. Nunmehr hat Strutt für zwei Mineralien, Thorianit und Pechblende, auch eine direkte Bestimmung ihrer Heliumproduktion ausgeführt.**)

*) Geol. Rundsch., 1. Jahrg. (1910), 2. Abt.

Bei dieser Methode waren zwei Schwierigkeiten zu überwinden: erstens die absolut geringe Menge Helium, die in den Versuchsmineralien während der verhältnismäßig geringen Zeiträume der Versuche entsteht, und zweitens die Menge des in den Mineralien ursprünglich enthaltenen Heliums, das etwa 500,000.000mal so viel als das sich bildende beträgt. Letzteres muß so vollkommen wie möglich entfernt werden. Dies wird dadurch erreicht, daß das zu prüfende Mineral in Lösung gebracht wird, worauf dann das Helium durch Kochen entfernt werden kann. Die Unabhängigkeit der radioaktiven Vorgänge vom jeweiligen physikalischen Zustand bewirkt, daß trotz des Auflösens des Minerals die Heliumbildung nicht beeinflußt wird.

Nach dieser Methode wurden zwei Proben Thorianit und eine Probe Pechblende behandelt. Die Versuche mit der ersten Thorianitprobe ergaben eine durchschnittliche Heliumproduktion von $7{\cdot}54 \cdot 10^{-5}$ Kubikzentimeter pro Jahr und daher $3{\cdot}7 \cdot 10^{-8}$ Kubikzentimeter pro Jahr und Gramm Thorianit. Da ein Gramm Thorianit ursprünglich 9·3 Kubikzentimeter Helium enthielt, so ergibt sich das Alter dieses Gesteins zu 250 Millionen Jahren; das der zweiten uranarmen Thorianitprobe betrug 280 Millionen, das der Joachimstaler Pechblende 316 Millionen Jahre, Zahlen, die mit den früher aus Rutherfords Angaben errechneten sehr gut übereinstimmen.

Die höchste Zahl für das Alter der Erde, die sich aus Gesteinsproben berechnen läßt, ist 700 Millionen Jahre. Sehr gut eignen sich für solche Altersbestimmungen Zirkonkristalle in Eruptivgesteinen, die Strutt in den letzten Jahren untersuchte. Es ist nach Prof. Koenigsberger bei diesen Berechnungen mit einer Fehlergrenze von 50 Prozent zu rechnen, es sind die Bestimmungen also beträchtlich genauer als die auf den Wärmezustand der Erde begründeten. Aus dem Heliumgehalt der Zirkone ergibt sich für folgende Gesteine das Alter:

Gestein	Alter
quartäre Gesteine der Somma .	100.000 Jahre
quartäre Gesteine der Eifel . .	1 Mill. Jahre
pliozäne Gesteine von Neuseeland	2 „ „
miozäne Gesteine der Auvergne .	6 „ „
Syenit, norwegischer, aus der Zeit zwischen Oberdevon und Jura	50 „ „
paläozoischer Granit v. Kolorado	140 „ „
unterdevonischer (oder älterer) Granit vom Ural	200 „ „
archäische (bezw. jüngere) Seifen von Ceylon	200 „ „
archäische Gesteine von Kanada	600 „ „

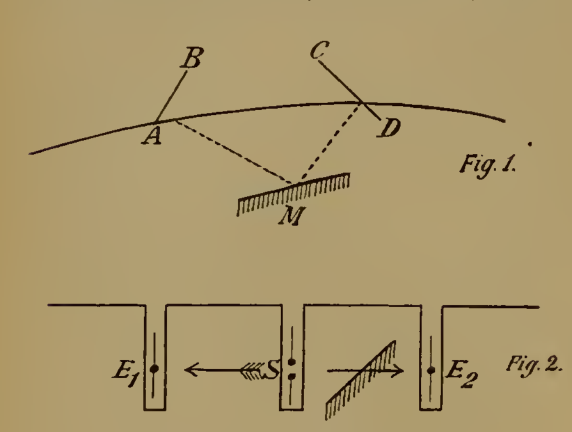
Diese Zahlen stimmen vielfach, z. B. für die Zeit des Jungtertiär und Quartär, sehr gut zu den Schätzungen der Geologen.

Es läßt sich also nach Koenigsberger mit Sicherheit so viel sagen, daß die seit dem An-

**) Proceed. of the R. Soc. vol. 84, (1910), ser. A. p. 379.

fang des Algonkium*) verstrichene Zeit einen Wert von 100 bis 200 Millionen Jahren hat.

Zur Erforschung des Erdinnern wird von zwei Physikern, H. Löwy und G. Leimbach,**) eine neue Methode, die Verwendung drahtloser Telegraphie, in Vorschlag gebracht. Es ist dabei in erster Linie an die Bestimmung leitender und daher die elektrischen Wellen stark absorbierender und reflektierender Flächen im Erdball gedacht. Die Untersuchung kann entweder nach der Reflexions- oder nach der Absorptionsmethode geführt werden. Im ersteren Falle werden von einer schräg gegen die Erdoberfläche gerichteten Sendeantenne (AB) Wellen in den Boden geschickt und möglichenfalls in einer gewissen Tiefe durch Erzlager, Kohlenflöze oder wasserführende Schichten (M) reflektiert. Gelingt es dann, mittels einer Empfangsantenne (CD) die



Erforschung der Erdrinde durch elektrische Wellen.
1. Reflexions-, 2. Absorptionsmethode.

Stellen der Oberfläche, an denen die reflektierten Wellen wieder zu Tage kommen, zu ermitteln, so kann man die Tiefe der reflektierenden Schicht leicht berechnen. Diese Methode ist für kleinere Tiefen bis zu 1000 Metern etwa brauchbar.

Bei der Absorptionsmethode müßten in regelmäßigen Abständen, etwa an den Ecken eines quadratischen Netzes von 50 Kilometer Seitenlänge, je 300 Meter tiefe Bohrlöcher ausgeführt werden, in denen Antennen von etwa 100 Meter Länge untergebracht werden. Werden vom Sender (S) ausgehende elektrische Wellen von dem Empfänger E_1 angezeigt, von dem gleich weit entfernten Empfänger E_2 aber nicht, so zeigt dies an, daß im Strahlenweg von S nach E_2 elektrisch leitfähige Massen eingelagert sind, die teils durch Reflexion, teils durch Absorption den Durchgang der Wellen verhindern. Die beträchtliche Tiefe der Bohrlöcher ist erforderlich, um symmetrische Antennen von etwa 100 Metern darin unterzubringen und die Mittelebene des Senders in möglichst trockenen Boden zu verlegen. Die hiedurch erforschbaren Tiefen sind aber beträchtlich größer, da infolge der Erdkrümmung die elektrischen Wellen bei 300 Kilometer Entfernung der Antennen eine Tiefe von 1000 Metern passieren. Zur Durchforschung der ungarischen Tiefebene würden z. B. 48 Bohrlöcher ausreichen, und man würde bei diesem Betriebe die Erdrinde bereits bis 1000 Meter Tiefe gewissermaßen durchleuchten.

Der Einwand, daß die Erde ja selbst ein Leiter, mithin für elektrische Wellen undurchlässig sei, ist hinfällig, sobald man nur in die nötige Tiefe geht. Besonders in den Tropen und in Wüsten wird das Gestein schon in geringer Tiefe die nötige Trockenheit haben, um die elektrischen Wellen durchzulassen. Namentlich für diese Gegenden versprechen sich die beiden Physiker auch praktischen Nutzen von ihren Vorschlägen. Die Durchforschung der Erdrinde daselbst soll behufs Auffindung des Grundwassers geschehen, durch dessen Hebung und Zuführung wüste Strecken in fruchtbare Oasen verwandelt werden können. Aber auch die theoretische Geophysik wird vielleicht durch ähnliche Untersuchungen Förderung erfahren; der durch die Erdbebenforschung wahrscheinlich gemachte Wiechertsche Erdkern müßte auch mit Hilfe der elektrischen Wellen nachweisbar sein.

Praktischen Zwecken könnten auch die Untersuchungen über die geothermische Tiefenstufe dienstbar gemacht werden, wie Prof. Koenigsberger und M. Mühlberg in einer Arbeit über ihre Messung, deren Technik und Verwertung zur geologischen Prognose dartun.*) Bekanntlich versteht man unter geothermischer Tiefenstufe die Anzahl Meter, um die man in die Tiefe gehen muß, um eine Zunahme der Wärme der Gesteinsschichten um 1° C zu beobachten. Zur Berechnung der Tiefenstufe wird von der Temperatur in der Tiefe diejenige an der Oberfläche in 0 Meter Höhe abgezogen und die Tiefe des Bohrloches durch diesen Temperaturunterschied dividiert. Die Temperatur in 0 Metern wird am besten aus der mittleren Lufttemperatur ermittelt (siehe die Arbeit S. 115). Für die genauere Erkenntnis der Zustände des Erdinnern, genauer gesagt der Erdrinde, ist die genaue Feststellung der geothermischen Tiefenstufe sehr wichtig.

Messungen an mehr als hundert Stellen haben bewiesen, daß in ebener Gegend in unveränderlichen, nicht jungeruptiven Gesteinen eine bestimmte, sogenannte normale Tiefenstufe besteht, etwa 33 Meter für 1° C. Örtlich wirksame Einflüsse, wie Höhen, Täler, nahe Wassermassen, Seen, Meer, wärmeerzeugende Prozesse des Erdinnern, noch nicht völlig erkaltete Laven können Abweichungen hervorrufen. Da diese Einflüsse sich quantitativ rechnerisch angeben lassen, so ist es möglich, mit ihrer Hilfe eine zuverlässige Auskunft über die geophysikalischen Fragen zu erhalten und sie zu geologischen Prognosen zu verwenden.

Abweichungen von der oben angegebenen normalen Tiefenstufe finden sich z. B. bei steil gestellten oder stark bergfeuchten Schichten (geoth. Tiefenstufe 34—39 Meter) und in trockenen, lockeren Schichten (29—34 Meter). Die tiefsten Bohrlöcher

*) Als Algonkium bezeichnet man die mit organischen Resten nur spärlich ausgestatteten, in Nordamerika bis zu 6000 m mächtigen Schichten halbkristallinischer Gesteine, die das archäische Grundgebirge überlagern und selbst wieder vom Kambrium überlagert sind (s. Jahrb., IX, S. 57).

**) Phys. Zeitschr., 11. Jahrg. Heft. 16.

*) Neues Jahrb. f. Miner., Geol. usw., 1911, Beilagebd. 31.

weisen folgende, durch in der Tiefe lagernde Kohlenflöze verkleinerte Tiefenstufen auf: Czuchow (2239 Meter tief) 29·6 Meter, Paruschowitz (1959 Meter) 30·7 Meter und Pont à Mousson (1556 Meter) 30·2 Meter. Vergrößernd, weil abkühlend, wirkt die Nachbarschaft ausgedehnter Wassermassen auf die Tiefenstufe, die dann kaum unter 40 Meter herabsinkt. Von großen Tiefen gehören hieher Pas de Calais (1400 Meter) mit 56·6 Meter und ein Kupferbergwerk auf dem Ende der Kalumethalbinsel unmittelbar am Oberen See (1396 Meter) mit 125 Meter Tiefenstufe, also nur etwa einem Viertel der normalen Wärmezunahme. Auch unter Bergen finden sich größere Tiefenstufen, wie sich bei Tunnelbauten gezeigt hat, und es stimmen die beobachteten Temperaturen gut mit den theoretisch berechneten überein. Auch hier beträgt die Stufe über 40 bis zu 60 Meter, während sie unter Tälern sich verkleinert.

Sehr kleine Tiefenstufen treten natürlich in jungeruptiven Gegenden auf, in tertiären Basalten sowie in noch tätigen Gebieten und in der Nähe von Mofetten und Fumarolen.*) Je jünger die vulkanische Tätigkeit, desto größer die Verkleinerung der Tiefenstufe. Sie sinkt von 24 Meter bei schon erloschenen Gebieten auf 11 bis 15 Meter, bei der Lava von Santorin sogar auf etwa 7 Meter. Hieraus ersieht man, daß sich die Laven auch nahe der Oberfläche überaus langsam abkühlen. In vulkanischen Gegenden müßte man mittels fortgesetzter Beobachtungen der geothermischen Tiefenstufen die Zunahme vulkanischer Tätigkeit vorhersagen können.

Wichtig für die Verkleinerung der Tiefenstufe ist die Nähe wärmeerzeugender Einlagerungen, z. B. von Erzgängen, die durch Orydation und andere chemische Umsetzungen Wärme erzeugen. Dadurch wird die Tiefenstufe im Quecksilberbergwerk von Idria auf 10 Meter, in den sizilianischen Schwefelgruben sogar auf 4·4 Meter herabgesetzt. Auch in Kohlenbergwerken wird die geringe Tiefenstufe nur durch Wärmeproduktion in den kohleführenden Schichten verursacht. Je reiner die Kohle ist, um so weniger Wärme produziert sie, daher in Braunkohlengebieten die Tiefenstufe kleiner ist als in Steinkohlen- oder gar Anthrazitgebieten.

Abnorm rasche Temperaturzunahme kann also hervorgerufen sein durch die Nähe junger plutonischer Massen, durch sich oxydierende Erze, sich hydratisierende Mineralien, wie Anhydrit, ferner durch Schwefellager, bituminöse Stoffe, besonders Petroleum, durch noch nicht in Anthrazit verwandelte Kohlen, aufsteigende Thermalwässer, große Lagen trockener, lockerer Gesteine. Da dies teilweise wirtschaftlich wertvolle Mineralien sind, so gestattet diese Zunahme oft praktisch wichtige Schlüsse, und wo die Tiefenstufe nicht zunimmt, fehlt jedenfalls die Aussicht, innerhalb praktisch verwertbarer Tiefengrenzen auf diese Stoffe zu stoßen.

In größere Erdtiefen als die beiden vorhergehenden Untersuchungen führt uns eine Arbeit Bidlingmaiers über das Wesen der säkularen Variation des Erdmagnetismus, eine Arbeit, welche sich auf die im deutschen Südpolarwerk, Band 5, niedergelegten, bis in das XVI. Jahrhundert zurückreichenden magnetischen Deklinationsbestimmungen und andere ältere Deklinationsbeobachtungen stützt.*) Unter den hiebei ermittelten Tatsachen seien folgende hervorgehoben:

1. Die durchschnittliche Deklinationsänderung beträgt für die ganze Erdoberfläche pro Jahrzehnt rund 1°.

2. Die Säkularkräfte sind unter dem Äquator am größten und nehmen nach den Polen zu wenig und ziemlich gleichmäßig ab.

3. Die Säkularkräfte der verschiedenen Meridiane weisen im Gegensatz zu den Breitenzonen sehr erhebliche Unterschiede auf. Im Zentralgebiete des Großen Ozeans ist die Säkularkraft am kleinsten, am größten dagegen im Grenzgebiete zwischen dem Atlantischen Ozean und der Alten Welt.

4. Teilt man die Erdoberfläche durch einen Vollmeridian in eine Landhalbkugel und eine Wasserhalbkugel, so ist die Tätigkeit der Säkularkräfte auf ersterer um 67 Prozent stärker als auf letzterer.

Aus diesem letzten Satze schließt Bidlingmaier, daß die Variation des Erdmagnetismus verursacht wird durch das Entstehen und Verschwinden magnetischer Schichten im Erdinnern, deren Temperatur in der Nähe der sogen. Umwandlungstemperatur des Eisens (750°) liegt. Solange die Temperatur dieser Schichten etwas höher liegt als 750°, sind sie unmagnetisch. Bei eintretender Abkühlung werden sie unter dem Einfluß des erdmagnetischen Feldes bald stark magnetisch.

Diese Annahme erklärt sofort die Tatsache, daß die Säkularkräfte auf dem Wasser sich sehr viel schwächer betätigen als auf dem Lande; denn da am Grunde des Meeres die Temperatur beinahe 0° beträgt, sind wir auf dem Meere von der Isothermenfläche für 750° um etwa 3·7 Kilometer, die mittlere Tiefe der Ozeane, weiter entfernt als auf dem Lande. Satz 2 wird verständlich durch die jedenfalls nur geringe Mächtigkeit der „Umwandlungsschichten", welcher zur Folge hat, daß diese sich leichter horizontal als vertikal magnetisieren lassen, so daß trotz der Zunahme der Totalintensität nach den Polen zu unter dem Äquator im Durchschnitt stärkere magnetische Massen auftreten.

Für den Ort, an dem diese Umwandlungsschichten anzunehmen sind, ergab sich sowohl aus der geothermischen Tiefenstufe als auch aus den erdmagnetischen Beobachtungen, also nach zwei voneinander völlig unabhängigen Methoden, eine Tiefe von 20 bis 25 Kilometern. Die Karten der isomagnetischen Linien würden also nach Bidlingmaier wichtige Urkunden der Erdgeschichte darstellen und uns zurzeit befähigen, eine Art Geschichte des Erdinnern bis 25 Kilometer Tiefe für die letzten drei Jahrhunderte zu schreiben.

*) Fumarolen sind Gasquellen, die ihren Ursprung in mit Gasen gesättigter Lava haben. Quellen von Kohlensäure heißen Mofetten (Hundsgrotte bei Neapel), Gasquellen, die Schwefelverbindungen ausstoßen, Solfataren.

*) Naturw. Wochenschr., Bd. X, Nr. 10.

Als weiteres, seit Jahrhunderten angewandtes und anscheinend vielfach bewährtes Mittel, die obersten Bodenschichten zu erkunden, ist die Wünschelrute bekannt. So volkstümlich sie ist, so wenig gilt sie doch in den Kreisen der Geologen, und selbst das Eintreten geschätzter Autoritäten aus diesen Kreisen und die von ihnen versuchte Erklärung der Wirkungsweise der Rute (siehe Jahrb. IV, S. 255) scheint dieser das Wohlwollen oder die Anerkennung der Wissenschaft nicht erwerben zu können. So hat denn noch jüngst wieder die Verwendung der Wünschelrute zur Aufspürung von Wasser und sonstigen mineralischen Stoffen unter der Erdoberfläche seitens der deutschen Geologischen Landesanstalten die schärfste Verurteilung erfahren.*) Auf eine Bitte des Zentralverbandes selbständiger deutscher Brunnenbauer, Bohrunternehmer und Pumpenbauer, ihm im Kampfe gegen den Wünschelrutenunfug durch autorative Aufklärung der Öffentlichkeit beizustehen, hatte die in Eisenach abgehaltene Tagung der Direktoren der Geologischen Landesanstalten Deutschlands folgende Frage zur Besprechung gestellt:

Haben die Geologischen Landesanstalten die Pflicht, gegen das Unwesen der Wünschelrute vorzugehen?

Der Landesgeologe Dr. Wolff-Berlin wies in seinem Berichte darüber nach, daß das Quellenfinden mit der Wünschelrute längst kein Problem mehr ist, am wenigsten ein wissenschaftliches, sondern ein müßiges Spiel. Durch sorgfältige Nachprüfungen widerlegte er die angeblichen Erfolge, die sich der Landrat v. Uslar als „Quellenfinder" in Deutsch-Südwestafrika errungen haben soll. So brachte von den sämtlichen durch v. Uslar an der wasserarmen Bahnstrecke Lüderitzbucht—Aus angegebenen Wasserstellen, von denen acht angebohrt wurden, nur eine einzige Glück, nämlich die vorher von zwei Geologen schon günstig beurteilte Bohrstelle bei Garub.

Schlimm, aber sehr lehrreich ist die Tätigkeit der Landräte v. Bülow-Bothkamp und v. Uslar für die Regierung in Erfurt auf dem wasserarmen Obereichsfeld abgelaufen. Der Direktor der Geologischen Landesanstalt hatte 1907 Brunnenabteufungen im dortigen Muschelkalkplateau für aussichtslos erklärt und die Zentralversorgung mehrerer Dörfer mittels starker, in den Tiefen der Täler über dem Röt hervortretender Quellen empfohlen. Trotzdem berief man Herrn v. Bülow-Bothkamp, der u. a. beim Dorfe Büttstedt selten starke Quellen in 21 und 24 Meter Tiefe ansagte. Aber erst in 30 Meter Tiefe erbohrte man eine Quelle, deren Zufluß bald ganz versagte. Nicht viel besser erging es mit Bohrungen, die man bis zu 76 Meter Tiefe ausdehnte.

In der sich anschließenden Erörterung wies Prof. Dr. Beyschlag darauf hin, daß die Aufschließung des Erdölgebietes von Hänigsen in Hannover sehr wesentlich den Ratschlägen der Geologischen Landesanstalt zu verdanken sei. Nachdem die Forschung ein klares Bild vom Vorkommen des Erdöls geschaffen, habe v. Uslar das Gebiet bereist, und trotz vollkommen unrichtiger Prognosen dieses Rutengängers sei vor der Öffentlichkeit der Anschein erweckt, als ob nun erst die rechte Erkenntnis gewonnen wäre. In Südwestafrika habe Herr v. Uslar unter landeskundiger Führung gearbeitet und wo irgend möglich seine Wassersuche auf solche Stellen gerichtet, die nach ihrer Form und Beschaffenheit gewisse Aussichten boten, z. B. Trockentäler, Mulden u. dgl. Diesem Umstand seien seine immerhin geringen Erfolge zuzuschreiben. Schließlich wurde folgende für die Öffentlichkeit bestimmte Erklärung gefaßt:

„Die deutschen Geologischen Landesanstalten haben seit längeren Jahren die Tätigkeit der Wünschelrutengänger beim Aufsuchen von Wasser und anderen nutzbaren Bodenschätzen sorgfältig beobachtet und nachgeprüft; auch sind die angeblichen besonderen Fähigkeiten vieler bekannter Rutengänger durch Experimente in praktischer und theoretischer Hinsicht untersucht worden. Das Ergebnis ist, daß die Anwendung der Wünschelrute weder in Deutschland noch in den Kolonien irgend welchen Wert gehabt hat. Die Geologischen Landesanstalten warnen deshalb das Publikum vor der Beratung durch Wünschelrutengänger und empfehlen dringend, bei der Aufsuchung von Wasser und anderen nutzbaren Bodenschätzen nur wissenschaftlich und praktisch erfahrene Geologen und Hydrologen zu befragen."

Auf der diesjährigen Versammlung der Gas- und Wasserfachmänner zu Flensburg stellte Prof. Dr. Weber in Kiel folgende fünf Leitsätze auf:

1. Daß unterirdisches Wasser eine unmittelbare Zugkraft auf die von einem Menschen gehaltene Wünschelrute ausüben könne, ist ein grober Irrtum. Noch absurder ist es, daß eine solche Kraft abhängig sei von elektrischen Isolationen oder gar auch von anderen Dingen, wie Petroleum, Kali, Bleierz usw.

2. Die vorsichtigere Vermutung, daß unterirdisches Wasser eine ideomotorische Wirkung ausübe, d. h. in einer noch unbekannten Weise auf das Nervensystem des Rutengängers wirke und hiedurch die im labilen Gleichgewicht gehaltene Rute mittels ihrer eigenen elastischen Kraft zum Ausschlag bringe, ist bisher durch keinen einzigen einwandfreien Bericht bestätigt.

3. Die scheinbaren Erfolge von Rutengängern im Auffinden von Wasser finden ihre Erklärung nicht durch die oben genannten Vorgänge, sondern teils sind sie reine Zufallserfolge, teils beruhen sie auf mehr oder weniger unbewußten Verkettungen verschiedenartiger lokaler Wahrnehmungen und Verhältnisse.

4. Die angebliche Tiefenbestimmung des Wassers gehört zu den unter 1 gekennzeichneten schweren Selbsttäuschungen der Rutengänger.

5. Zu erneuten physikalischen oder geologischen Untersuchungen des sogenannten Rätsels der Wünschelrute liegt kein Anlaß vor. Wohl aber ist zu wünschen, daß durch schärfste und systematische Nachprüfung der angeblichen Erfolge und durch bessere Kritik der Presse eine Ausrottung des Wünschelrutenaberglaubens angestrebt werde.

---

*) Zeitschr. f. prakt. Geologie, 19. Jahrg., (1911), Heft 9.

Auf deutscher Erde.

Denjenigen Lesern, die sich etwa ein Gesamtbild des gegenwärtigen Standes der geologischen Forschung für Deutschland verschaffen möchten, sei hier ein jüngst erschienener, sehr anregend und allgemein verständlich gehaltener Führer empfohlen, das Lehrbuch der Geologie von Deutschland, eine Einführung in die erklärende Land-



Zerklüftungen der Kreide bei Arkona (Adlershorst).

schaftskunde, von Johannes Walther, Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität Halle. Das Studium des mit Abbildungen, Profilen und Karten reich geschmückten Buches wird jedem Freunde der Geologie ein Genuß sein.*)

Einen sehr dankenswerten Überblick über den Bau des tieferen Untergrundes Norddeutschlands gewährt eine Arbeit Prof. Dr. A. Tornquists.**) Die den Aufbau des felsigen Untergrundes fast überall bedeckenden Ablagerungen der jüngsten Eiszeit und ihre späteren Umlagerungsprodukte verhüllen den tieferen Untergrund so allgemein, daß erst das immer enger werdende Netz der Tiefbohrungen, die in Norddeutschland vor allem der Entdeckung von Kohlenflözen und Salzlagern dienen sollten, genügende Einblicke in diesen Untergrund gestattete.

Während im Gebiete der Mittelgebirge die verschiedensten Teile des Felsgerüstes ohne jüngere Bedeckung meist zusammenhängend zu Tage treten und der Beobachtung leicht zugänglich sind, ist weiter nördlich der felsige Untergrund nur noch in einzelnen inselartig aus der Diluvialdecke hervorragenden kleinen Partien zu sehen. Am bemerkenswertesten sind die Perminseln der Unterelbe, Helgolands

*) Verlag Quelle und Meyer, Leipzig 1910.
**) Sitzungsber. d. Königl. Akad. d. Wissenschaften. Berlin, 1911, Nr. 38.

(mit Trias und Kreide), Lüneburgs (mit Trias und Kreide) und Holsteins (Husum, Segeberg), von Lübtheen in Mecklenburg, Sperenberg in der Mark, Hohensalza und Exin in Posen, die Trias von Rüdersdorf und Altmersleben (Altmark), die Jura- und Kreideaufschlüsse in Pommern und Mecklenburg sowie zahlreiche über ganz Norddeutschland von Hannover und Holstein bis zum ostpreußischen Samland verteilte Tertiäraufschlüsse.

Die Tiefbohraufschlüsse lassen im Vereine mit diesen Untergrundsinseln uns in Norddeutschland ein tektonisch außerordentlich kompliziertes Gebilde erkennen, in dem sich in den verschiedensten Zeitaltern starke Erdkrustenbewegungen vollzogen haben, das auch aus durchaus verschiedenartigen tektonischen Gebieten (Schollen) besteht. Im großen und ganzen sehen wir die Schichtensysteme, welche südlich der Grenzlinie der Mittelgebirge als paläozolische Horste und in den zwischen den Mittelgebirgen befindlichen gestörten mesozoischen „Senkungsfeldern" zu Tage anstehen, nach Norden zu langsam ohne wesentliche Änderung ihres Charakters unter der Bedeckung der jüngeren Schichten untertauchen.

Der Nordrand der Mittelgebirge*) oder der „mitteldeutschen Festlandsschwelle" ist in seiner Richtung von alter Anlage. Diese Richtung fällt in einigen Teilen wenigstens mit der Richtung des Nordrandes der alten mittelkarbonischen Auffaltung (des variszischen Gebirges von E. Sueß oder der „mitteldeutschen Alpen" von Penck) zusammen. Die nördlichsten Faltungen des rheinischen Schiefergebirges, die Mulden und Sättel im westfälischen Kohlenrevier, die Überschiebungen im Oberkarbon von Aachen und den Ardennen stellen dagegen eine spätere permische Nachfaltung am Rande des zur karbonischen Zeit noch nicht mitgefalteten Vorlandes der variszischen Alpen vor. Diese Faltung, an der



Die tektonischen Gebiete Norddeutschlands.

die Trias nicht mehr teilgenommen hat, flacht sich nach Norden langsam und allmählich aus. Die von Stille als „Rheinische Masse" zusam-

*) Diese Grenzlinie erstreckt sich vom Nordrand des rheinisch-westfälischen Schiefergebirges über die westfälische Kreidemulde um Münster hinüber zum Teutoburger Wald und vom Wesergebirge über den Deister, Süntel zum nördlichen Harzrand und in den vorgelagerten Elm, schließlich vom Flechtinger Höhenzug um Magdeburg bis zum Außenrand des Riesengebirges und der Sudeten.

mengefaßte Masse des Schiefergebirges nebst dem nachträglich gefalteten Vorland muß dem östlich gelegenen Teile Mittel- und Norddeutschlands gegenübergestellt werden (siehe Karte).

Am nordöstlichen Rande der Rheinischen Masse setzt nun im Teutoburger Walde eine neue, jüngere Faltungszone hindurch, die von Südosten nach Nordwesten verläuft und den Westrand eines durch ganz Norddeutschland bis zur Weichsel sich hinziehenden Faltungs- und Störungsgebietes bildet. Dieses „saxonische Faltungsfeld" dehnt sich von Nordhannover durch die Mark, Mecklenburg, Pommern, Posen bis zum westlichen Teile Westpreußens hin aus.

Das auffälligste Merkmal dieser Faltung ist, daß sie parallel dem Südwestrande des baltisch-russischen Schildes verläuft, also einer Linie folgt, die, wie Tornquist nachgewiesen hat, bereits paläozoischen Alters ist. Die Grenzlinie zwischen dem saxonischen Faltungsfelde und dem osteuropäischen Schilde ist außerordentlich scharf. Auf den Rand dieser großen Platte ist mit aller Wahrscheinlichkeit auch das in Polen festgestellte Umbiegen der alten variszischen Falten aus der südwest-nordöstlichen Richtung in die westnordwest-ostsüdöstliche Richtung vor dem Rande des Schildes zurückzuführen. Da aber die saxonische Faltung die Richtung dieser westnordwest-ostsüdöstlichen alten Faltung parallel dem Rande des Schildes einhält, so ist ihr Verlauf auf den Verlauf des Randes des alten osteuropäischen Schildes zurückzuführen. Die Wirkungen dieses Randes sind also über das ganze saxonische Faltungsfeld bis weit im Westen, bis zum Teutoburger Walde hin, bemerkbar geworden.

Der Umstand, daß die saxonische Faltung auf das außerhalb des Schildes gelegene Gebiet beschränkt blieb und parallel einem alten Rande dieses Schildes erfolgte, macht es wahrscheinlich, daß die saxonische Faltung durch einen Druck ausgelöst wurde, welcher aus der Bewegung der westeuropäischen Masse gegen den osteuropäischen Schild während des Mesozoikums und Känozoikums entsprang.

Außer dieser Faltung ist aber auch eine allgemeine Senkung des großen Gebietes zwischen den einzelnen Horsten der mitteldeutschen Festlandsschwelle und dem baltisch-russischen Schilde erfolgt; besonders intensiv ist die Faltung im äußersten Westen im Teutoburger Walde und im äußersten Osten. Dadurch stellt sich das Gebiet der saxonischen Faltung als ein zwischen dem osteuropäischen Schilde und der westeuropäischen rheinischen Masse (nebst dem nördlich vorgelagerten Gebiete) gelegenes gefaltetes Senkungsfeld dar, das nach Süden zu zwischen die Horste der niederdeutschen Festlandsschwelle eingreift und am besten als „saxonisches Faltungsfeld" bezeichnet wird.

Von großem Interesse ist die Feststellung des Alters der Auffaltungen. Die saxonische Auffaltung blieb, wie Stille nachgewiesen hat, nicht auf eine Periode beschränkt, sondern ist seit dem Ende der Jurazeit in mesozoisch-känozoischer Zeit wiederholt vor sich gegangen. Als ältester Faltungsvorgang kann eine vorkretazeische, jungjurassische Faltung, welche die gesamten Juraschichten noch mitbewegt hat, erkannt werden. Diese Bewegung entspricht als „kimmerische Faltung" der Zeit nach den in der Krim, der Dobrudscha und an den Donaumündungen sowie in den Karpathen nachweisbaren mesozoischen Auffaltungen bezw. Überfaltungen auf der russischen Platte. Schon diese kimmerische Phase der saxonischen Faltung verläuft von Nordwest nach Südost und zeigt daher keinerlei Beziehung zur variszischen Faltung des älteren Gebirges. Auf sie folgt die vorsenone bezw. frühsenone Heraushebung des Harzes und endlich eine alttertiäre, voroligozäne Auffaltung, die vor allem in der Heraushebung des Osning zum Ausdruck kommt. Schließlich sind von verschiedenen Forschern noch ganz junge, vermutlich spätdiluviale Faltungen von ebenfalls saxonischer Richtung festgestellt. Diese Bewegungen werden nach den Untersuchungen Prof. Tornquists offenbar von gleichzeitigen Bewegungen auf dem baltisch-russischen Schilde begleitet; sie kommen in einer nach Süden fortschreitenden Senkung des betreffenden Schildteiles zum Ausdruck.

Schon oben wurde die saxonische Faltung auf eine durch die Gestalt des baltisch-russischen Schildes bedingte Bewegung zurückgeführt. Betrachten wir den eben festgestellten, wahrscheinlich zeitlichen Zusammenhang zwischen den einzelnen Faltungsphasen des saxonischen Faltungsfeldes und den Phasen der nach Süden gerichteten Neigung des Schildes, so entsteht der Eindruck, daß die Bewegungen der beiden Gebiete in ursächlichem Zusammenhange stehen. Die erste Zusammenpressung des saxonischen Faltungsfeldes durch die Bewegung der Rheinischen Masse und ihrer nördlichen Fortsetzung gegen den Schild begann, als sich die Falten des kimmerischen Gebirges in Südrußland, also im Süden des Schildes, erhoben und wohl die ersten Überschiebungen über die südrussischen Teile des Schildes begannen, die den Schild nach Süden zum Sinken brachten. Im Alttertiär erfolgten dann wiederum gleich gerichtete Bewegungen. Die saxonische Faltung im Norden dürfte also die Wirkung des gleichen Schubes des westeuropäischen Gebietes (Rheinische Masse im Norden) gegen den osteuropäischen Schild sein, welcher im Süden mit dem Aufschub des Faltengebirges auf diesen Schild zum Ausdruck kam (siehe die Kartenskizze, wo die Pfeile die Schubrichtung anzeigen. Während das saxonische Faltungsfeld zusammengefaltet wurde, wurde die das Mittelmeer umspannende, zirkummediterrane Faltenzone über den Südrand des Schildes überschoben; zugleich neigte sich der Schild nach Süden in die Tiefe, was die Schraffur andeuten soll).

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich eine tektonische Dreiteilung Norddeutschlands, soweit es außerhalb der mitteldeutschen Festlandsschwelle liegt. Östlich der Linie Sandomierz—Bromberg—Köslin—Bornholm, welche das Weichselknie berührt, befindet sich unterhalb der jüngeren Bedeckung ein Teil des großen ost-

europäischen Schildes (baltisch-russischen Schildes); zwischen dieser Linie und einer anderen, die längs des Südwestrandes des Teutoburger Waldes verläuft, liegt das saxonische Faltungsfeld und noch weiter westlich die Rheinische Masse mit ihrer ungefalteten nördlichen Fortsetzung. Während der Südwestrand des osteuropäischen Schildes bis zur Donaumündung, also bis unter die alpinen Faltenzüge nach Süden zu verfolgen ist, greift das saxonische Faltungsfeld in Form einzelner eingesunkener Becken zwischen die Horste der mitteldeutschen Festlandsschwelle ein. Die Westgrenze des saxonischen Faltungsfeldes durchquert dagegen die Festlandsschwelle längs des Südwestabfalles des Thüringer Waldes und verläuft weiterhin entlang dem Westrand der böhmischen Masse.

Die Sedimentierung der mesozoischen Zeit und weiterhin auch des Tertiärs steht in enger Wechselbeziehung zu den Grenzen dieser drei tektonischen Teile in Norddeutschland. Auf dem Gebiete des Schildes fehlt die Trias und beginnt die marine Ausbildung des Jura erst mit dem Bathonien,*) die Kreide im Norden erst mit Cenomanablagerungen. Eozän und Mitteloligozän fehlt. Auf dem saxonischen Faltungsfelde sind die Ablagerungen des Mesozoikums und Tertiärs vollständig vertreten. Auf der mitteldeutschen Festlandsschwelle fehlen dagegen wiederum brauner und weißer Jura, Wealden, marine Unterkreide, Senon, marines Unteroligozän und marines Miozän. Auf der nördlichen Fortsetzung der Rheinischen Masse ist die Sedimentierung ebenfalls im Gegensatz zum saxonischen Senkungsfelde unvollständig.

Ein Versuch, den stellenweise sehr unregelmäßigen Verlauf der erdmagnetischen Linien zur Bestätigung der großen Verschiedenheiten des Schichtenaufbaues im Faltungsfelde und auf dem Schilde zu verwenden, ist vorläufig aussichtslos, da die bisher konstruierten getrennten Karten der Verteilung der Inklinations- und Deklinationswerte sowie der Horizontalintensität zur Durchführung einer solchen Untersuchung noch nicht genügen.

Die Zeit der Störung gewisser Schichten des norddeutschen Untergrundes sucht Prof. O. Jaekel in seiner Untersuchung über ein diluviales Bruchsystem in Norddeutschland zu bestimmen.**) Jedem Besucher Rügens wird es aufgefallen sein, daß an der Kreidesteilküste zwischen Saßnitz und Stubbenkammer die mit Feuersteinlagen gebänderten Schichten der obersten Kreide nicht regelrecht horizontal liegen, sondern in eine lange Reihe von Schollen zerstückelt sind, zwischen denen Diluvialschichten spitzwinkelig eingekeilt sitzen. In den letzten Jahrzehnten war man zu der Überzeugung gelangt, daß diese Störungen auf den Eisdruck zurückzuführen seien. Jaekel aber weist nach vierjähriger Untersuchung aller in Frage kommender Aufschlüsse nach, daß hier doch tektonische Störungen vorliegen.

*) Bathonien, eine Stufe der französischen Einteilung der Juraformation, etwa δ und ε des braunen Jura entsprechend; Cenomanien das unterste Glied der oberen Kreide.

**) Monatsbericht der Deutsch. Geol. Gesellsch., Bd. 62 (1910), S. 605.

Während der beiden ersten Vereisungen Norddeutschlands lagen die Kreideschichten noch horizontal, so daß sich die älteren Geschiebemergel und Sande konkordant auf ihnen ablagerten. Dann aber folgte eine gewaltige tektonische (vom tieferen Untergrunde ausgehende) Zerrüttung des ganzen Landes. Auf nordwest-südöstlich verlaufenden langen Bruchflächen senkten sich unter zahlreichen Staffel- und Querbrüchen breite Streifen Landes, während andere, z. B. Arkona, Jasmund, als Staffelhorste stehen blieben. Durch starken Seitendruck wurden die seitlicheren Staffeln von den höher emporragenden mittleren seitwärts überschoben. So fand die dritte Vereisung ein stark zerrüttetes Terrain vor und wirkte besonders auf die dammartig hervortretenden Reihen der Staffelhorste stark pressend und hobelnd, was zur Abhobelung der schon vorhandenen Diluvialbedeckung, zum Transport großer Kreideschollen und zu weiteren Störungen der Kreideschichten, u. a. auch zu ihrer Aufwölbung, führte. Zum Teil sind die Gesteine so weich, daß sie den Wirkungen einer dreifachen Vereisung wohl kaum widerstanden hätten. Es liegt deshalb der Schluß nahe, daß diese Horste sich erst im Laufe des Quartärs ausgebildet haben. Was von den rügenschen, gilt auch von vielen ähnlichen Vorkommen in Pommern, Brandenburg, Posen und Westpreußen, z. B. von dem bekannten Muschelkalkrücken zu Rüdersdorf bei Berlin.

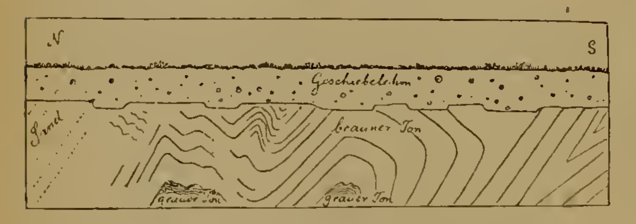
Es wären also auch nach dem Tertiär noch bedeutende tektonische Störungen eingetreten, nach Prof. Jaekel sogar solche von katastrophenartiger Natur. Sie lassen sich bis an den Harzrand und ins Rheinland, bis Südschweden und bis in das Grenzgebiet der russischen Tafel und der sächsischen Scholle verfolgen. Diese gewaltigen, sämtlich in die „herzynische" Nordwestrichtung fallenden Brüche, die sich von Schweden bis Südpolen durch rund 700 Kilometer erstrecken, möchte Prof. Jaekel ins Diluvium verlegen. Die Verwerfungen hatten die Staffelhorste als Riesenwälle von mehreren hundert Metern Erhebung aufgeworfen und dazwischen tiefe Grabenversenkungen geschaffen. Durch die Abtragung dieser Dammhorste und die Ausfüllung der zwischen ihnen liegenden Senken erklärt sich die große Unregelmäßigkeit und die gelegentlich sehr große Mächtigkeit der diluvialen Ablagerungen, die vorwiegend der jüngeren Vereisung zuzuschreiben wären.

Ein ähnliches Ergebnis hinsichtlich der Zeit der jüngsten tektonischen Störungen vertritt Prof. Dr. Eduard Zache, einer der besten Kenner des märkischen Bodens, in einer Arbeit über die Diskordanz im obersten Diluvium der Provinz Brandenburg.*) Die Ton- und Sandgruben der Mark zeigen fast durchweg, soweit ein Erkennen möglich ist, einen scharfen Gegensatz zwischen dem Liegenden und dem Hangenden. Bei den Glindower Tongruben z. B. bestehen die liegenden Schichten einmal vorherrschend aus umgelagertem Tertiär, während die hängenden rein nordisches Material führen, zweitens

*) Brandenburgia, Monatsbl. d. Gesellsch. f. Heimatkunde d. Pr. Br., XIX. Jahrg., Nr. 8. — Unter Diskordanz versteht man die ungleichmäßige, nicht parallele Lage einer Schicht zu der unter ihr befindlichen, dem Liegenden.

läßt sich eine horizontale Linie verfolgen, welche die gestörten liegenden Schichten von den völlig ungestörten hangenden trennt. Die Umlagerung des tertiären Materials kann nur durch ganz reines Wasser bewerkstelligt worden sein, das eine mächtige autochthone (d. h. an Ort und Stelle entstandene) Eisdecke beim Abschmelzen auf ihrem Grunde lieferte. Dieses reine Wasser besorgte die Aufbereitung und Umlagerung des Tertiärs, und zwar in den Höhlen unter dem Eise. Mehrere Beobachtungen zeigen, daß dabei auch nordisches, diluviales Material ins Tertiär gelangte, und lehren, daß die autochthone Eisdecke keinen völligen Schutz gegen das Eindringen des nordischen, von Gletschern herbeigeführten Materials bildete.

Die horizontale Trennungslinie und die horizontale Lage des Hangenden bei deutlichen Störungen im Liegenden zeigt sich auch da, wo letzteres nicht aus Tertiär, sondern aus nordischem Material besteht. An anderen Stellen werden von der horizontalen Linie sogar gefaltete, noch ältere Schichten an- und abgeschnitten. Die Aufschlüsse von Rüdersdorf bieten Belege für derartige Diskordanzen. An den Mergelgruben am Kesselsee schneidet die horizontale Linie die Schichten des zur unteren Triasformation gehörenden Röt ab und wird überlagert von horizontalen Sanden bezw. Geschiebelehm. Es muß daher folgerichtig die Aufrichtung der Triasscholle in die Schlußzeit der Vergletscherung gelegt werden. Für Buckow in der Mark ergibt sich dieser Zeitpunkt sicher daraus, daß sich unter einer Faltenspitze des Tertiärs nordische Geschiebe gefunden haben.



Faltung des Tertiärs unter dem quartären Geschiebelehm bei Niemeg (Fläming).

Es ist also anzunehmen, daß die Krustenbewegung, welche die Störungen des Liegenden, die Sättel und Mulden schuf, einsetzte, als den Boden noch ein gewaltiger Eismantel bedeckte, der hiebei natürlich in Schollen zerbrach. Dadurch war unter dem Eise ein neues Relief der Erdoberfläche mit anderen Neigungen entstanden und die Schmelzwässer mußten sich ein frisches Bett herstellen; dabei formten sie den Boden zu einer Abrasionsebene, auf die sich nun die Einschlüsse des Restes der Eisdecke niederschlugen, teils als geschichtete Gebilde, teils als Geschiebelehm. Dazu gesellten sich sekundäre, allerdings weit schwächere Störungen, meist in Form von Stauchungen, durch die aus der zertrümmerten Eisdecke stammenden, senkrecht auf den Boden herabstürzenden oder schräg herabgleitenden Eisschollen.

Es ergibt sich also auch hier, daß tektonische Störungen des Untergrundes der norddeutschen Ebene noch im späten Diluvium stattfanden. In dieses wird auch die tektonische Bewegung, welche das ursprüngliche Finowtal schuf, also die Uckermark vom Barnim-Plateau trennte, zu setzen sein.

Hinsichtlich der Verhältnisse Norddeutschlands zur Eiszeit vertritt Prof. Zache eine etwas abweichende, sehr interessante und einleuchtende Ansicht, die oben mit der Erwähnung der „autochthonen" Eisschicht schon angedeutet ist. So eine autochthone Eisbildung ist nach ihm nur möglich, wenn die Vergletscherung der Diluvialzeit die ganze Erde im gleichen Sinne umfaßte, natürlich der geographischen Breite entsprechend abgestuft, wie es auch aus den vorliegenden Beobachtungen hervorgeht. In diesem Falle konnte unmöglich in unserer Heimat vor dem anrückenden nordischen Gebirgseise Wasser und weicher Untergrund sich finden; im Gegenteil, alles Wasser war gefroren, der Boden bis in eine große Tiefe hinein erstarrt, und die Niederschläge häuften sich als Schnee an und verwandelten sich, wie es in Grönland geschieht, in Eis.

Die Vereisung war also in dem ganzen Gebiete eine gleichaltrige, und die von Norden her anrückenden Gebirgsgletscher fanden das Inlandeis vor und mußten sich auf ihm breiartig ausbreiten. Dabei war es möglich, daß Klippen aus älterem Gestein durch die Eisdecke hindurchragten, so daß das anrückende nordische Eis hier Material aufnehmen konnte, und besonders mußte dies geschehen in dem nächsten Umkreise des skandinavischen Horstes, weil hier die autochthone Eisdecke wegen der Kürze der Zeit noch nicht so stark war wie in den südlichen und südwestlichen Außengebieten.

Aus den von Prof. Zache aufgeführten Beobachtungen geht wohl so viel hervor, daß die Trennungslinie eine stratigraphische Bedeutung allerersten Ranges für das oberste Diluvium hat, was noch dadurch bekräftigt wird, daß sie sich auch außerhalb des behandelten Gebietes findet.

Über einen nicht nur für die geologische Wissenschaft, sondern auch für die deutsche Volkswirtschaft höchst bedeutungsvollen Vorgang, das Aufsteigen des Salzgebirges, berichtet Prof. Dr. H. Stille.*)

Eine aus den Bezirken des heutigen Nordrußland vordringende jungpermische Überflutung hatte weite Gebiete Mittel- und Norddeutschlands überschwemmt und zusammen mit anderen Überflutungen, die von Süden her über die Schwelle zwischen der Tethys, dem offenen Ozean der Zechsteinzeit, und dem deutschen Zechsteinbecken vorbrachen, Nord- und Mitteldeutschland mit dem köstlichen Schatz der Steinsalz- und Kalisalzablagerungen beschenkt.

Das Niederschlags-(Sedimentations-)becken des Zechsteins erweiterte sich zum Absatzbecken der deutschen Trias, und auch später wurde in vorherrschend marinen, weniger auch in festländischen Bildungszeiträumen weithin Schicht auf Schicht über die dabei immer tiefer unter die Tagesoberfläche versinkenden Salzmassen gehäuft. Während noch die ganze Triaszeit so ziemlich eine Periode der Vertiefung des gesamten großen deutschen Sedimenta-

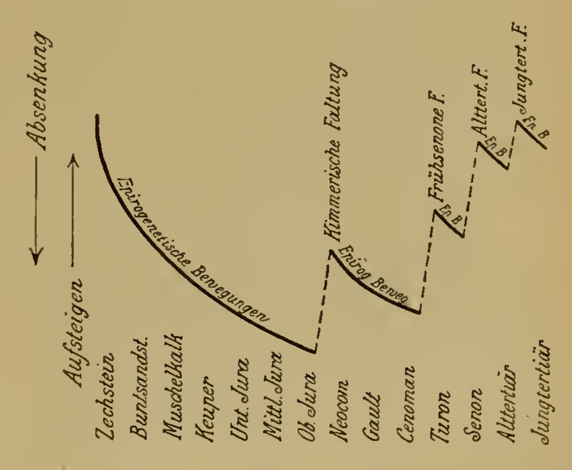
*) Zeitschr. für prakt. Geol., XIX (1911), Heft 3.

tionsbeckens blieb, treten im Jura diejenigen Kräfte in Tätigkeit, die auf eine Wiederheraushebung der begrabenen Zechsteinsalze hinarbeiten. Während einige Gebiete im Zustande des Absinkens und infolgedessen Sedimentationsgebiete bleiben, erfahren andere eine Heraushebung; die Abtragung beginnt zu arbeiten und den Abstand zwischen dem Salzlager der Tiefe und der Tagesoberfläche zu verkürzen.

Dabei besteht zwischen Nord und Süd ein beträchtlicher Unterschied. Ein deutsches Nordmeer, dessen Südgrenze als „Niedersächsischer Uferrand" etwa in der Linie Teutoburger Wald—Solling—Harz verläuft, scheidet sich von einem deutschen Südmeere, und schon in den jüngeren Perioden der Jurazeit kann höchstens noch auf kurzer Strecke über die trennende „Mitteldeutsche Festlandsschwelle" hinweg eine Verbindung zwischen Nord- und Südmeer bestanden haben. Letzteres liegt zum allergrößten Teil außerhalb der Verbreitung der Zechsteinsalze; deshalb kommt hier besonders das Nordmeer und die dieses nach Süden umrahmende Mitteldeutsche Festlandsschwelle in Betracht. In ihrem Gebiete kamen höchstens noch der Braune und der Weiße Jura zur Ablagerung, aber kein Wealden, kein Neokom, kein Gault, kein Senon, kein marines Unteroligocän und nur in umgrenzten Räumen Mittleres und Oberes Oligocän, während diese Formationen in einer Mächtigkeit von Tausenden von Metern nördlich des Niedersächsischen Uferrandes abgesetzt wurden. Während so im Süden wenigstens keine weitere Entfernung der Salzlager von der Tagesoberfläche erfolgte, wuchs das sie bedeckende Gebirge im Norden gewaltig an.

Dieser große Gegensatz zwischen Nord und Süd ist hauptsächlich in den sogenannten epirogenetischen (festlandbildenden) Bewegungen der Erdkruste begründet, Bewegungen, die durch lange Perioden hindurch mehr oder weniger gleichmäßig fortgehen; sie werden in ganz bestimmten Phasen von den eigentlich gebirgsbildenden, den orogenetischen Vorgängen unterbrochen, und diese bewirkten die besonders hohe Heraushebung des Salzgebirges längs einzelner Hebungslinien. Eine Vorstellung von der Stärke der hier tätig gewesenen orogenetischen Kräfte gibt uns der Umstand, daß wir im Bezirke des Niederdeutschen Beckens an vielen Orten das Salzgebirge dicht unter der Tagesoberfläche antreffen und daß es unter 5000—7000 Meter Deckgebirge hervor seinen Weg bis zu Tage oder dicht unter Tage fand, während im Süden bei der geringen Mächtigkeit des Deckgebirges der Weg aus der Tiefe bis in abbauwürdige Regionen nicht den dritten Teil betrug. Hier ist dann vielfach die Verkürzung des Abstandes zwischen Salzgebirge und Tagesoberfläche nur wenig mit eigentlichen Faltungsvorgängen verbunden gewesen und mehr flächenhaft im Verlaufe der Abtragung (Denudation) des bedeckenden Gebirges erfolgt.

Anderwärts haben dagegen sehr intensive Faltungsvorgänge dem Salze den Weg nach aufwärts ermöglicht, und hier ist sein Auftreten an ganz bestimmte „Salzlinien" gebunden. Wo die Wellen, in die der Boden des „Niederdeutschen Beckens" in den orogenetischen Phasen gelegt wurde, am höchsten schlugen, nur da fand das alte Salzgebirge den Weg in abbauwürdige Teufen. In der hannoverschen Landschaft offenbaren geradezu die weithin sichtbaren Fördergerüste und rauchenden Schlote der Kaliwerke die Lage der geologischen Achsen, d. h. der Linien, in denen der Untergrund am höchsten herausgehoben worden ist. Diese „Achsen" werden zu „Salzlinien", wenn eben die Heraushebung der Salzlager bis zu erreichbaren Teufen gediehen ist. Der Verlauf solcher Salzlinien ist aber vielfach durch Quervertiefungen unterbrochen, und hier sinkt das Salzgebirge zwischen aufragenden Partien in unerreichbare Tiefen ab, wie z. B. zwischen Lehrte und Hänigsen. Hie und da noch etwas Buntsandstein tragend, ist das Salzgebirge des Niederdeutschen Beckens vielfach randlich von Verwerfungen umgrenzt und erscheint dadurch als „Horst", und zwar als „Aufpressungshorst", wie Prof. Stille diese hochaufgepreßten und dabei von der Umgebung seitlich losgerissenen, den angrenzenden Schichten bei der Hochbewegung gewissermaßen vorangeeilten Kerne eines Sattels nennt, während Ed. Sueß als Horst ein gegen seine in die Tiefe sinkende Umgebung stehengebliebenes Stück bezeichnet.

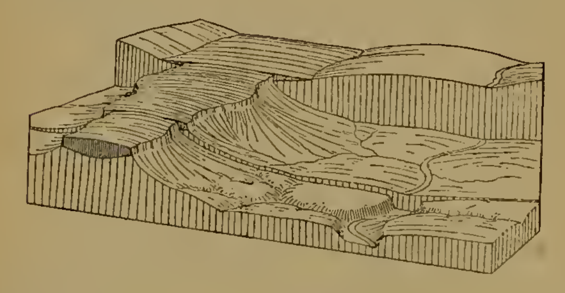


Schema der „Absenkung" und des „Aufsteigens" der Zechsteinsalze in der Region einer Hebungsachse des Niederdeutschen Beckens (nach Stille).

Nach neueren Untersuchungen hat nun dieses Aufsteigen des Salzgebirges längs der Salzlinien nicht in einem einzigen engbegrenzten Zeitraume, gleichsam mit einem Ruck, stattgefunden, sondern in mehreren orogenetischen Phasen. Diese Phasen unterbrechen mehr episodisch die in den langen Zwischenzeiten sich vollziehende Absenkung des Niederdeutschen Beckens. Sie heben, wenigstens in gewissen Teilen, die Absenkung auf; aber nach ihnen setzt diese wieder ein, und die schmalen Streifen von Salzgebirge, die bereits das Licht der Sonne geschaut haben, sinken von neuem unter den sich häufenden Sedimenten ein, bis eine neue orogenetische Phase ihnen wieder einen Ruck aufwärts gibt. Die Wirkung der Hebungsvorgänge überwiegt aber schließlich doch, und so gelangt das Salzgebirge an der einen Stelle in dieser, an der anderen in jener Hebungsphase an oder bis dicht unter die Tagesoberfläche. Die orogenetischen Hauptphasen,

die in letzter Zeit im Bau der deutschen Gebirge festgestellt sind, sind natürlich auch die Hauptphasen in der Heraushebung des Salzgebirges, und meist haben sich die Wirkungen mehrerer Faltungsphasen summieren müssen, um das Salzgebirge in geringe Tiefen oder zu Tage zu bringen.

In später Jurazeit (vorkretazeische Faltung) hat die Hochbewegung längs einem Teile der Achsen begonnen, aber es fehlt bisher noch der Beweis, daß die Heraushebung des Salzgebirges bereits irgendwo bis zur Tagesoberfläche geführt hatte. Heute schon nachweisbar ist das Aufsteigen der Salzmassen bis zu Tage in der zweiten großen orogenetischen Phase, der frühsenonen, die durch lange Perioden gleichmäßiger Sedimentation von der ersten getrennt ist. Recht häufig ist sodann der Fall zu beobachten, daß nach der alttertiären Faltungsphase und vor der Oligozänzeit eine Freilegung der höchstaufragenden Teile der Salze erfolgt ist, so daß strichweise über diese die oligozäne Überflutung hinwegging. Endlich hat auch noch, wie einige Beobachtungen ergeben,



Blockdiagramm des Meißner. Ganz hinten: Landschaft zur Zeit des Basaltergusses. Mittelgrund: Monadnock des Meißner. Vordergrund: Zerschneidung der Fastebene durch die Werra und ihre Zuflüsse.

die jungtertiäre Faltung die Heraushebung entlang gewissen Salzlinien verstärkt.

In einem gewissen Zeitpunkte muß das Salzgebirge bei fortschreitenden Heraushebungen mit dem Grundwasser der hohen Regionen in Berührung kommen, und es beginnt eine Auflösung des leicht löslichen Salzgebirges, speziell seiner löslichsten Teile, der Stein- und Abraumsalze, während der Anhydrit (Gips) weniger davon ergriffen wird. Diese Auslaugung schreitet ziemlich flächenhaft nach der Tiefe vor, so daß der „Salzspiegel", das jeweilige Ablaugungsniveau, eine ziemlich ebene Fläche darstellt, die nur an den Flanken steil in die Tiefe geht. Über dem Salzspiegel liegt, hervorgegangen aus dem weniger leicht löslichen Anhydrit, der „Trümmergips" oder „Deckgips", der bei fortschreitender Ablaugung nach unten nachwächst. Die durchschnittliche Mächtigkeit eines Trümmergipses von 40 bis 50 Metern bedeutet die subterrane Ablaugung einer Hunderte von Metern mächtigen Steinsalzpartie. Die für die höchste Gesamtmächtigkeit der deutschen Salzlager gelegentlich gegebene Ziffer von 500 Metern wird im Hannoverschen stellenweise allein schon von der jüngeren Salzfolge überschritten.

Wie die Tiefen der Erdrinde, so haben auch die Erhebungen ihre oft sehr anziehende, wenn auch fast immer etwas betrübende Geschichte; denn wir hören dabei fast nur von Abtragung, Einebnung, Erosion und ähnlichen Anzeichen des Alterns und Vergehens, selten von Neubildungen und Erhebungen. Die Lehre von der Oberflächengestaltung der Erde, die Geomorphologie, bemüht sich gegenwärtig, die Formentwicklung der Erdoberfläche folgerichtig zu erforschen und eine exakte Benennung für ihre mannigfachen Gebilde zu schaffen, die es gestattet, die charakteristischen Züge einer Landschaft in wenigen Worten auszudrücken, sie gewissermaßen in eine kurze, übersichtliche Formel zu bringen.

Zu den Arbeiten, die in diesem Sinne die Gestaltung der Erdoberfläche zu erforschen suchen, gehört eine Untersuchung von H. v. Staff über die Entwicklung des Flußsystems und des Landschaftsbildes im Böhmerwalde.*) Die meisten deutschen Mittelgebirge haben den Charakter einer einstigen Peneplain, d. h. einer Rumpfebene, in der alle Unebenheiten durch die Tätigkeit der Flüsse fast völlig beseitigt sind, und alle Wasserläufe ein von der Quelle bis zur Mündung ganz allmählich immer mehr abnehmendes Gefälle zeigen. Nur einzelne Härtlinge (Monadnocks) aus widerstandsfähigerem Gestein erheben sich noch über die allgemeine Ebene, z. B. Schneekoppe und Brocken. Durch die Erhebung der Mittelgebirge wurde die Erosion von neuem erweckt, es bildeten sich die jetzigen Täler aus, die im Verlaufe des fortschreitenden Erosionszyklus eine neue Rumpfebene herausformen werden. In einem solchen Zyklus folgt auf eine kurze Jugendperiode mit rasch zunehmenden Höhenunterschieden ein Reifestadium, in dem das Relief am stärksten entwickelt ist und die Formen die größte Mannigfaltigkeit zeigen. Danach nehmen die Höhenunterschiede rasch ab, und endlich folgt die Zeit des Alterns, in der sich auch das schwache noch vorhandene Relief immer mehr verwischt und die Rumpfebene sich immer mehr ausprägt.

Zu Beginn eines solchen neuen Erosionszyklus folgen die Flüsse sämtlich der Abdachung der gehobenen Ebene, indem sie annähernd parallel von dem am stärksten gehobenen Rande zur Erosionsbasis hin fließen. Solche Flüsse nennt man konsequente oder Folgeflüsse oder auch Hangflüsse. Allmählich entwickeln sich seitliche Zuflüsse in den zwischen harten Schichten gelegenen weicheren, also senkrecht zur Abdachung (subsequente oder Schichtflüsse), welche die schwächeren unter den benachbarten Folgeflüssen abschneiden und zu Nebenflüssen degradieren. Von den Schichtflüssen als Erosionsgrundlage aus entwickeln sich schließlich Flüsse dritter Ordnung, von denen naturgemäß die einen als Folgeflüsse zweiter Ordnung oder resequente Flüsse ebenfalls der ursprünglichen Abdachung folgen, während die anderen als obsequente oder Stirnflüsse ihr gerade entgegenfließen. Insequente Flüsse, die keine Beziehung zur Abdachung zeigen, entwickeln sich im allgemeinen nur bei horizontaler Schichtung. Diese besonders von Davis aufgestellte Talbildungslehre ist zum besseren Verständnis der Ausführungen H. v. Staffs erforderlich.

*) Zentralbl. f. Mineral., Geol. und Pal., 1910 (Ref. von Dr. Arldt in Naturw. Rundsch., 1911, Nr. 11).

Harz und Riesengebirge können als vollendete Beispiele der geschilderten Zyklenentwicklung angesehen werden. Über die vollkommenen Ebenheiten der Hochflächen erheben sich die Härtlinge als Reste des letzten Erosionszyklus. Auch die Flüsse sind zumeist aus dem älteren Zyklus übernommen, ihre alte Richtung und ihre früher auf freier Ebene sich beliebig windenden Läufe sind durch die Hebung in tief eingeschnittenen Tälern fixiert worden. Im Böhmerwalde dagegen, wo die ebene Hochfläche ganz fehlt, Höhenrücken und Talzüge scheinbar regellos durcheinander liegen, scheint die Theorie der Erosionszyklen sich nicht zu bestätigen. Aber das ist, wie v. Staff eingehend ausführt, nur scheinbar der Fall. Die ebene Hochfläche fehlt im Böhmerwalde nur deshalb, weil der Erosionszyklus viel weiter vorgeschritten ist, die Erosionstäler sich bereits viel mehr verzweigt und viel stärker verbreitert haben als in den anderen deutschen Mittelgebirgen. In einzelnen Anzeichen läßt sich die Lage der alten Peneplain jedoch immer noch erkennen. Ein ganz besonders deutlicher Hinweis auf sie liegt in der ausgeprägten Höhengleichheit nicht nur der Einzelgipfel, sondern auch der langgestreckten Rücken, ganz gleich, welcher Gesteinsart sie sind. Darin ist nicht eine langsam beginnende Einstellung auf ein gleiches Niveau, sondern der letzte, langsam schwindende Rest einer früheren Totaleinebnung zu sehen. Es liegt hier ein sehr ausgereiftes Stadium der Höhengliederung vor, an dem neben den vom vorigen Zyklus übernommenen, im wesentlichen konsequenten Flüssen besonders die durch die Hebung erst geweckten, gegenwärtig aber bereits mächtig entwickelten Schichtflüsse gearbeitet haben. Von diesen sind zahlreiche alte Folgeflüsse abgeschnitten worden, wie v. Staff eingehend nachweist. Diese Schichtflüsse zeigen jetzt schon wieder ein nahezu ausgeglichenes Gefälle, und in ihren breiten Talungen legt sich bereits eine neue Einebnungsfläche an, bis zu der die Höhen allmählich abgetragen werden müssen. Dem werden sich die härteren Gesteine länger widersetzen als die weicheren, aber schließlich wird ein Zustand eintreten, in dem nicht mehr die Härte, sondern die Entfernung vom Gebirgsfuße die Höhenlage bestimmt und die Flüsse wieder „greisenhaft“ konsequent und im ganzen geradlinig, wenn auch stark mäandrisch der Donau und dem Budweiser Becken zufließen.

So läßt trotz des scheinbar ungeordneten Haufwerkes von wirr durcheinander gelagerten Kuppen und Kämmen, Trockentälern und Bächen eine sorgfältige Betrachtung in der Landschaft des Böhmerwaldes eine Gesetzmäßigkeit erkennen, die vollkommen dem entspricht, was nach dem geomorphologischen Entwicklungsgesetz zu erwarten ist. Auch der Böhmerwald ist trotz seines abweichenden äußeren Baues ein ebenso treffendes Beispiel für die Gültigkeit dieses eingangs skizzierten Gesetzes wie die anderen deutschen Mittelgebirgslandschaften.

Trockentäler, deren ehemalige Wassermassen spurlos verschwunden sind, und Stellen, an denen eine völlige Umkehrung der Laufrichtung stattgefunden hat, schildert auch Dr. Jos. Reindl*) in München in einer Arbeit über die Trockentäler Bayerns, die sehr zahlreich und recht verschiedenen Charakters sind. Von der Entstehungsursache dieser Täler ist folgendes zu sagen:

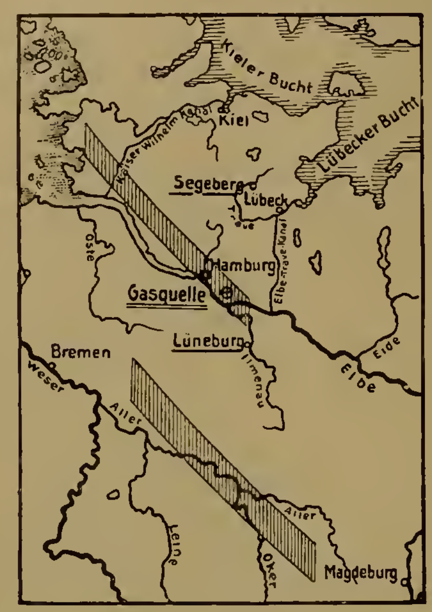
Die meisten Trockentäler östlich des Lechs, namentlich die größeren, sind zweifellos Abzugskanäle der Schmelzwasser eiszeitlicher Gletscher; zahlreiche kleinere Täler sind jedoch sicherlich auch durch Versickerung des Wassers in den losen Aufschüttungen der Hochfläche entstanden. Auch die meisten Trockentäler westlich des Lechs sind auf andere Weise als durch Schmelzwasser entstanden, meistens durch das Versiegen oder eine allgemeine Minderung des Grundwassers. Nördlich der Donau, im Juragebiete, gehören die Trockentäler größtenteils zum Karstphänomen. Sie haben kein gleichsinniges Gefälle und besitzen an ihrem Boden häufig einzelne Dolinen oder ganze Reihen derselben. Die starke Zerklüftung der Felsenkalke und Dolomiten läßt das auffallende Regenwasser rasch durchsickern bis auf die tieferliegenden Kimmeridgetone, in deren Horizont dann reichliche Quellen hervorbrechen; daher die zahlreichen Trockentäler in den südlichen Teilen der schwäbischen Alp und auf den Hochflächen des bayrisch-fränkischen Jura. Freilich ist nicht jedes Trockental im Jura auf diese Weise entstanden. Manche, wie das Wellheimertal, das ein alter Donau- bezw. Altmühllauf ist, das Stuiben- und Wendtal, überhaupt die Trockentäler des Härtfeldes sind auf die Art entstanden, daß die Quellgebiete der ehemaligen Flußtäler beim Rückzug der Alb abgefressen und von den Neckarzuflüssen entführt worden sind. Auch die Tiefenerosion der Flüsse hat mitgewirkt, daß ziemlich viele kleinere Trockentäler infolge Tieferlegung des Grundwassers entstanden sind. Durch Tiefenerosion und Senkung des Grundwasserspiegels konnte es geschehen, daß auch im Buntsandsteingebiet der Pfalz und auch in der tonreichen Verwitterungsdecke des Granits im Fichtelgebirge kleine Trockentäler entstanden.

Die Trockentäler des schwäbisch-bayrischen Moränengebietes sind fast ausschließlich in ihrer ganzen Erstreckung trockene Täler. Unter denen des Jura kann man vier Typen unterscheiden: erstens solche, die in ihrer ganzen Erstreckung trockene Täler sind; ihr Boden ist durch zahlreiche Sauglöcher und Dolinen ganz porös; zweitens tote Wasserstrecken, wo ein Karstfluß in Schlünden versiegt und weiter talwärts durch im Bette auftretende Quellen wieder wasserführend wird; drittens Täler, die im oberen und mittleren Teile Trockentäler sind und im unteren einen kleinen Wasserlauf besitzen, und endlich solche, die, nachdem sie eine Strecke weit geflossen sind und selbst Mühlen getrieben haben, in Trockentälern spurlos verschwinden, also in ihrer unteren Laufstrecke trocken sind.

Die Trockentäler des Jura sind canonartig, vielfach auch schluchtartig ausgebildet. Von ihnen gilt, was ein Schilderer der Karsttäler, J. Cvijič, schreibt: Die Spuren der Flußerosion sind durch Verwitterung stark verwischt, haushohe Felsen stürzten von den steilen Gehängen in das cañonartige Tal herab und verschütteten den trockenen Boden,

*) Naturw. Rundsch., 9. Jahrg., Nr. 37.

der von Dolinen buchstäblich durchbohrt ist. Manche Trockentäler besitzen einen Talboden, in welchen sich von beiden Seiten Schuttkegel und Schutthalden hineinbauen; oberhalb derselben ragen steile hohe Kalkwände auf, welche durch Höhlen ausgezeichnet sind. Dort, wo die Kalkwände bis zum Talboden



Verlauf der vermutlichen Petroleumvorkommen. Die schraffierten Stellen bezeichnen die beiden Kämme (Antiklinalen) der früheren Gebirgszüge.

hinabsteigen, befinden sich oft die Sauglöcher, welche jetzt verstopft und mit Gras bewachsen sind.

Zum Schlusse dieses Kapitels seien noch einige geologische Begebenheiten und Ergebnisse mehr lokaler Art erwähnt.

Großes Aufsehen erregt hat das Hervorbrechen der Erdgasquelle bei Neuengamme südöstlich von Hamburg am 3. November 1910, mitten in den gesegneten, durch ihre Gartenerzeugnisse weit und breit bekannten Vierlanden.*) Hier hatte man gelegentlich einer vom Hamburgischen Staate ausgeführten Grundwasserbohrung eine Tiefe von 245 Metern erreicht, als etwas ganz Unerwartetes eintrat. Ein entsetzliches Gurgeln und Donnern, wütendes Zischen und Fauchen kam aus der Tiefe, die Erde erbebte wie von entfesselten Urgewalten, so daß die Arbeiter, von wilden Schrecken erfaßt, davonstürzten, und ein Strom von Grubengas schoß aus der Tiefe hervor, stieß den Bohrturm in Trümmer und entzündete sich an dem Feuer einer nahestehenden Lokomobile. Unter betäubendem Getöse zeigte sich nun jenes schöne Flammenwunder, ein gewaltiges Feuerkreuz mit etwa 15 Meter langen Flügeln, das über drei Wochen lang Tag und Nacht Tausende Schaulustiger anlockte. Am 25. November gelang die Löschung des Brandes, am 2. Dezember der Verschluß der Quelle.

Der Untergrund des Bodens, der nach Norden zu an die völlig ebene alluviale Elbmarsch, nach Süden an die jungdiluviale, sandige, breite Vorgeest anstößt, weist seinen eigenen, mit diesen Oberflächenformen in wenig Zusammenhang stehenden geologischen Bau auf. Das durchbohrte Schichtenprofil setzt sich wie folgt zusammen:

Von 0 bis 10 Meter Alluvium (Schlickdecke und Flußsand),

von 10 bis 91 Meter Diluvium (Geschiebemergel, Kies, Sande, Mergelsand, Tonmergel),

von 91 bis 151 Meter Untermiozän (kalkfreie Glimmersande und Glimmertone),

von 151 bis 184 Meter Oligozän (feinsandiger Glimmertonmergel und Glimmersand mit Fossilien),

von 184 bis 245 Meter (Eozän?, z. T. kalkige, z. T. kalkarme, grünliche bis bräunliche feinsandige Glimmertone mit Fossilresten).

Aus älteren Bohrungen war bereits bekannt, daß mindestens nördlich von Neuengamme unmittelbar unter dem wenig mächtigen Diluvium ein unterirdischer Rücken von Untermiozän aufragt, der sich nun auch weiter südwärts zu erstrecken scheint. Nach den Erfahrungen, die man im übrigen Norddeutschland von dem Baue des vordiluvialen Untergrundes gewonnen hat, wird man auch bei Hamburg erwarten können, daß Tertiär, Kreide und die übrigen Formationen des tieferen Untergrundes durch Spalten zu Schollen zerstückelt und aneinander verschoben wurden, derart, daß Horste und Gräben bezw. Sättel und Mulden entstanden sind. Nach Dr. Koert müssen teilweise offene, mit Gas und Wasser erfüllte Klüfte vorhanden sein, welche die tertiären Tone durchsetzen. So eine mit Gas und Wasser erfüllte Kluft muß die Neuengammer Bohrung angetroffen haben, was alle Erscheinungen, auch die großen Mengen des ausgehauchten



Die brennende Gasquelle in Neuengamme. Abendaufnahme.

Gases, aufs beste erklärt. Denn es ist klar, daß in einem komplizierten Bruchspaltensystem ungeheure Mengen Gas, zumal unter Druck, aufgespeichert werden können, und daß ein so beweglicher Körper wie Gas auf diese Weise recht weit von seinem Entstehungsorte fortgeleitet werden kann.

Interessante Schlüsse ergeben sich ferner aus dem Emporbringen eines chlorreichen Wassers zu-

*) Die Umschau, 14. Jahrg., Nr. 50. (Dr. H. Michaelsen); Petroleum, Zeitschr. usw. 21. Dezember 1910, Dr. Koert).

sammen mit dem Gase. Weiter südwärts gegen Wiesen ist eine starke Versalzung des Grundwassers bemerkbar, die ihren Grund offenbar in dem unfern von Wiesen und 16 Kilometer von Neuengamme angetroffenen mächtigen Salzgebirge hat, das seinen Einfluß vermittels Zuflüssen auf Spalten, die das Gebirge durchsetzen, bis nach Neuengamme ausdehnt. Die Umgebungen der norddeutschen Salzhorste haben sich schon so vielfach als Erdöl führend erwiesen, daß man mit Fug und Recht das Gas von Neuengamme als einen Abkömmling des Erdöls betrachten kann. Der hohe Gehalt dieses Gases an leichtem Kohlenwasserstoffgas (Methan = 91·5 Prozent) erlaubt nicht, es von der außerordentlich methanarmen Braunkohle abzuleiten; Steinkohle aber gibt es im Tertiär nicht.



Ögel-Insel vom Ufer aus gesehen.

Auf jeden Fall eröffnet die neue Gasquelle begründete Hoffnungen auf Erschließung von Bodenschätzen in der Hamburger Gegend, seien diese nun weitere ergiebige Erdgasquellen oder Petroleum in abbauwürdiger Menge.

Daß in Gewässern durch plötzliche Bodenerhebungen Inseln, meistens allerdings recht vergänglicher Natur, entstehen, ist nicht eben selten, namentlich wenn vulkanische Kräfte im Spiele sind. Eine weniger häufig beobachtete Art der **Inselbildung vermittels Hebung durch Gase** beleuchtet Prof. Dr. H. **Potonié** an dem Beispiel des am 23. Oktober 1910 im Ögelsee bei Beeskow (Prov. Brandenburg) aufgetauchten, etwa 70 Meter langen und 30 Meter breiten Eilandes.*) Derartige Gase kann neben dem Torf der in offenen Gewässern weit häufigere, von echten Wasserorganismen erzeugte Schlamm bilden, der aus den auf den Seeboden geratenden abgestorbenen Individuen entsteht. Diese verwesen nur dann vollständig, wenn das Wasser genügenden Sauerstoff herbeiführt, also hinreichende Bewegung besitzt; sonst entsteht der breiige brennbare Faulschlamm oder Sapropel (siehe Jahrb. IX, S. 112), der sich im Verlaufe längerer Zeiträume derartig anhäufen kann, daß selbst ursprünglich tiefe Seen dadurch schließlich der Verlandung entgegengehen. Im Ögelsee hatte der Sapropelit eine überraschend mächtige Ablagerung gebildet, an der Nordspitze der Insel erreichte eine bis auf 32 Meter niedergebrachte Bohrung noch nicht den ursprünglichen Seeboden.

Nachdem sich der See so weit mit Faulschlamm gefüllt hatte, daß die Seetiefe nur noch rund 4 Meter betragen haben mag, trat der südlich an den See herangehende Teil der Spree mit dem Südteil des Sees in Verbindung und führte reichlich Sand in den See, der sich auf dem Sapropelit ablagerte und seine Bildung behinderte. Da unter Wasser sich ablagernder Sand sich dicht packt und in nassem Zustand sehr undurchlässig ist, so bildete dieser neu sich aufschüttende Seeboden auf dem älteren Sapropelit einen gut schließenden Deckel, der Gasblasen zunächst nur schwer und endlich gar nicht mehr an die Oberfläche durchließ. Dieser neue, stark sandige Seeboden besitzt jetzt auf der Insel eine Dicke von rund $^1/_2$ Meter. Der See glich nun gewissermaßen einer Konservenbüchse, deren Inhalt ein Sapropelit ist, geschlossen von einem Deckel aus nassem Sande, gemischt mit wenig Faulschlamm. Die weitere Zersetzung der brennbaren organischen Bestandteile des Sapropelits hat dann schließlich den Deckel der Konservenbüchse durch die Gasentwicklung gesprengt; denn das spezifische Gewicht des unter der Sanddecke eingeschlossenen Materials mußte mit dem sich steigernden Gas-



Das Schalkenmehrener Maar.

*) Jahrb. der Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt 1911; Naturw. Wochenschr., 19. Jahrg., Nr. 14 und 41.

gehalt immer geringer werden, so daß schließlich nur eine Auslösung, vielleicht durch ein heftiges, Wellengang herbeiführendes Unwetter, nötig war, um die kleine Katastrophe zu bedingen, die die Entstehung der Insel zur Folge hatte. Durch die sehr tragfähigen Sapropelitmassen wird nun die Insel, ein Deckelbruchstück getragen, bis Wind, Wellen, Eisgang, menschlicher Übermut ihr ein Ende bereiten werden.

Der vergangene Winter 1910/11 hat durch Bildung einer verhältnismäßig starken Eisdecke Gelegenheit gegeben, die drei Eifelmaare auf dem Mäuseberg bei Daun auf ihre Tiefe hin zu untersuchen. Allerlei düstere Sagen umweben diese eigentümlichen Kraterseen, die weder Zufluß noch Abfluß haben und ihren Wasserstand kaum verändern. Das höchst gelegene Weinfeldermaar, im Volksmunde das „tote Maar" genannt, da es keinerlei Lebendes beherbergen soll, besitzt die gewaltige Tiefe von 98 Metern, das Gemündermaar eine solche von 71 Metern und das Schalkenmahrermaar die Tiefe von 39 Metern. Die Messungen sind von Naturforschern der Universität Bonn vorgenommen.



Verlauf der tertiären Faltungen.

Aus fremden Erdteilen.

Die großen Züge im Plane des Erdreliefs zu entschleiern, wird immer wieder eine lockende Aufgabe für den Geologen bilden. Prof. F. B. Taylor versucht etwas derartiges, indem er die Beziehung des tertiären Gebirgsgürtels zum Ursprung des Bauplanes der Erde untersucht.*) Eine der wichtigsten Tatsachen im Baue der Erdrinde ist die Existenz eines Gürtels junger Faltengebirge, der von den südamerikanischen Kordilleren über Westindien, die nordamerikanischen Kordilleren und die Inselbogen Ostasiens nach Ostindien führt, von wo an er bis zur Sierra Nevada und zum Atlas den Südrand des großen asiatisch-europäischen Festlandes (Eurasiens) bezeichnet, während eine Abzweigung über die malanesischen Inselzüge und Neuseeland nach Süden führt.

*) Naturw. Rundsch., 24. Jahrg., Nr. 26 (Ref. von Arldt).

Dieses ganz hervorragende Element im Bauplan der Erde hat man bisher immer in erster Linie in seiner Beziehung zum Großen Ozean betrachtet, den es in fast ununterbrochener Linie umrandet. Es darf aber auch nicht übersehen werden, daß dieser gleiche Gürtel einen wichtigen Teil der Peripherie aller Kontinente, ausgenommen Afrikas, bildet. Diese letztere Beziehung hervorhebend, sucht Taylor den Nachweis zu führen, daß die Gebirge nicht vom Meere aus an das Land herangeschoben sind, wie vielfach angenommen wird, sondern daß ihre Auffaltung in umgekehrter Richtung stattgefunden hat, und daß wir daher das größte Ausmaß der Faltung am Rande der größten Kontinentalmassen finden.

Verhältnismäßig leicht ist die Beweisführung für den Teil des Gebirgsgürtels zwischen Kleinasien und Kamtschatka, für den bereits Sueß ein Abfließen der Gebirge nach dem Meere zu angenommen hat. Dieser Gürtel besteht im Süden Zentralasiens aus zwei bis drei, am Ostrande aus einer einfachen Kette. Der Grund dafür ist noch nicht sicher festgestellt; jedoch mag im Süden der Widerstand, den das indoafrikanische Tafelland der südwärts drängenden eurasischen Festlandsmasse entgegengesetzt hat, wesentlich zur Bildung der parallelen Faltungslinien (Himalaja und Kettengebirge nördlich davon) beigetragen haben, während im Osten gegenüber dem offenen Ozean einfachere Linien entstanden. Dort, wo der alte indoafrikanische Block am weitesten wie ein Keil in die asiatische Masse eindrang, am Himalaja und Pamirplateau, wurden die Falten am engsten zusammengepreßt und erhoben sich die gewaltigsten Hochländer und die höchsten Bergketten. Zu beiden Seiten des südlichen Blocks (Persien, Hinterindien) drängten sich die Ketten weiter nach Süden. Alle diese Tatsachen sprechen ganz entschieden dafür, daß bei der Aufrichtung der jungen Faltengebirge Asiens der gebirgsbildende Druck vom Kontinent, nicht vom Ozean ausgegangen ist.

Schwieriger scheint der Beweis für Europa, wo die konvexe Seite der Gebirge nicht dem Meere, sondern dem Festlande zugekehrt ist, so daß man meinen möchte, hier sei der Druck nach dem Lande hin gerichtet gewesen. Dennoch nimmt Taylor auch hier das Gegenteil an, nur sei infolge der Kleinheit der europäischen Scholle der Schub nach Süden bedeutend geringer als bei dem riesigen Asien gewesen; deshalb konnten lokale Einflüsse den normalen Verlauf der Gebirgsbogen leichter stören. Tatsächlich ist die größte in Europa bekannte Überschiebung in Skandinavien nach Ostsüdost gerichtet, und wenn wir in den Alpen und den nördlich davon liegenden älteren Gebirgen nach

Norden gerichtete Überschiebungen finden, so sieht Taylor diese nur als oberflächliche Erscheinungen an und meint, daß hier vielmehr nach Süden gerichtete Unterschiebungen vorliegen, die ja zu dem gleichen geologischen Bau führen müßten.

Ähnlich verhalte es sich mit Nordamerika; auch hier sei die Faltung vom Lande ausgegangen, auch hier müßten also östliche Überschiebungen in Wahrheit westliche Unterschiebungen sein. Dafür spricht besonders der Bau des Gebirgsknotens von Alaska, dessen besondere Breiten- und Höhenentwicklung sich einfach durch die Annahme erklärt, daß hier Druckwirkungen von Asien her und von Nordamerika zusammenwirkten. Dann liegen ringsum auf der Nordhalbkugel Druckwirkungen vor, die vom Nordpol nach dem Äquator zu gerichtet sind.

Sodann weist Taylor auf die merkwürdige Parallelität der östlichen und westlichen Küsten der Baffinbai und der Davisstraße hin. Zwischen Grönland und Baffinland sowie den anderen nördlichen Inseln beträgt der Abstand in südwestlicher Richtung durchweg 530 Kilometer, zwischen Grönland und Labrador 900 Kilometer. Da auch der Bau der gegenüberliegenden Gebiete ein völlig entsprechender ist, so erhält man ganz den Eindruck, als sei hier der nordamerikanische Kontinent um 900 Kilometer nach Südwest von dem alten Horste Grönland abgerückt. Weiter wird dann wahrscheinlich gemacht, daß auch Europa und Asien erst in späterer Zeit, eben im Zusammenhang mit der tertiären Gebirgsfaltung, von Grönland abgerückt seien, mit dem sie einst zusammenhingen; nur sind sie entsprechend ihrer größeren Gesamtmasse weiter abgerückt als Nordamerika.

So ergibt sich die Annahme eines allgemeinen Gleitens der Erdkruste von hohen zu niederen Breiten auf der nördlichen Halbkugel nicht nur aus den peripheren Ketten, die den Südrand von Eurasien und den Südwesten von Nordamerika einfassen, sondern auch daraus, daß auf allen Seiten von Grönland die Erdkruste gespalten und weggezogen erscheint, und zwar am wenigsten weit auf der Seite der kleineren, am weitesten auf der Seite der mächtigsten Randketten. Dieses Abfließen des Landes von den Polen bringt Taylor mit der Zunahme der Abplattung in Zusammenhang und sucht auf diese Weise auch zu erklären, weshalb das Abfließen im Norden in weit stärkerem Maße stattgefunden hat als in der Umgebung des Südpols. Durch die stärkere Verschiebung am Nordpol mußte der Schwerpunkt der Erde sich nach Süden verschieben und damit auch das Sphäroid der ozeanischen Gewässer, woraus sich dann auch die Konzentration des Landes im Norden, des Meeres im Süden, die südliche Zuspitzung der Kontinente und andere Eigentümlichkeiten des Erdreliefs erklären ließen. Eine große Stütze für Taylors Annahme des Schubes von den Kontinentmassen aus würde sich ergeben, wenn es gelänge festzustellen, daß die Faltung der amerikanischen Ketten tatsächlich in der von ihm angedeuteten Richtung erfolgt sei.

Die geologischen Beziehungen zwischen Südamerika und der Antarktis stellt auf Grund der Forschungsergebnisse der schwedischen Südpolarexpedition unter Benutzung der Funde der übrigen antarktischen Expeditionen und eigener Forschungen im südlichsten Amerika Prof. Dr. O. Nordenskjöld dar.*) Wie in Südamerika lassen sich auch in dem etwa 7 Breitengrade südlicher liegenden antarktischen Gebiete zwei Hauptabteilungen unterscheiden, eine westliche gefaltete Kette und ein östliches, großenteils vulkanisches Tafelland. Von der antarktischen Gebirgskette kennen wir allerdings nur die äußere Randzone und die Inseln. Diese bestehen gerade wie im südlichsten Südamerika überwiegend aus in der Tiefe erstarrten Gesteinen von granodioritischem Typus, und zwar stimmen die Gesteine beider Gebiete sogar nach ihrer Struktur und der für die ganze Kordillerenkette durchaus charakteristischen Zusammensetzung überein. Neben diesen Tiefengesteinen trifft man in beiden Gebieten in dieser Zone auf vulkanische sowie regional umgewandelte Schiefer.

Auch die hinter der Küstenkette hinziehenden Zentral- und Ostkordilleren und die entsprechende Zone in der Antarktis, soweit sie bekannt ist, zeigen große Ähnlichkeiten, und nicht geringer ist in beiden Regionen die Übereinstimmung zwischen den östlichen Tafelgebieten. Wenn auch die Fauna der antarktischen Ablagerungen in vieler Hinsicht eigenartig entwickelt ist, so bleibt doch immer eine sehr große Ähnlichkeit mit Südamerika übrig. Sogar der erste Anfang der in der Kreidezeit einsetzenden Ausbreitung des Meeres scheint in beiden Gebieten gleichzeitig zu sein.

Beide Länder zeigen auch in ihrem äußeren Aufbau und dessen Entwicklungsgeschichte Entsprechendes. Die für alle andinen Fjordküsten charakteristische Kanalbildung zeigen auch die Küstenkordilleren der Antarktis in ähnlichen tiefen Längstälern. In allen wichtigen Beziehungen bildet das antarktische Gebiet eine Fortsetzung von Südamerika, nur ist es tiefer ins Meer versenkt und stärker vergletschert. Seine südlichen Teile sind weit weniger bekannt, doch besteht, soviel wir wissen, keine wesentliche geologische Ungleichheit zwischen ihnen und dem südlichen Südamerika. Der in bedeutender Entfernung vor dem westantarktischen Gebiete gelegenen Gebirgskette der Südshetlandinseln, die sehr wenig bekannt sind, hat Südamerika nichts Entsprechendes gegenüberzustellen. Wir haben in diesen Inseln jedenfalls ein Stück einer noch weiter nach außen gelegenen Küstenkordillere zu sehen.

Die Betrachtung einer Karte der Meerestiefen zeigt, daß die beiden Gebiete durch einen unterseeischen Rücken verbunden sind, von dem einzelne Stücke über den Meeresspiegel emporragen. Wenn auch Sueß diese unter dem bezeichnenden Namen der südlichen Antillen zusammengefaßt hat, so zeigt doch das wenige, das wir von ihnen wissen, daß die Inselgruppen (Süd-Orkney, Süd-Sandwich, Südgeorgien, Shag-Felsen) durchaus keinen einheitlichen Bau besitzen.

Was wir sicher wissen, ist, daß das südliche Südamerika und die nördliche Westantarktis einander geologisch und topographisch außerordentlich ähnlich sind. In der geologischen Deutung des

*) Die Umschau, 14. Jahrg, Nr. 48.

beide verknüpfenden großartigen Inselbogens, der südlichen Antillen, sind wir trotz der Untersuchungen der letzten Jahre von einer sicheren Lösung weit entfernt.

Wie mannigfache Schicksale ein Stück Erdboden durchzumachen hatte, bis es uns in seiner heutigen, sicherlich auch noch nicht endgültigen Gestaltung vor Augen tritt, zeigt die von A. P. Coleman erforschte und erzählte Geschichte des Kanadischen Schildes, eines gewaltigen Komplexes von Urgesteinen, den Sueß neuerdings mit seiner Umrandung auch als „Laurentia" bezeichnet.*) (S. seine Lage auf Abb. S. 91).

Der geologische Bau des Kanadischen Schildes bietet die größten Gegensätze, indem unmittelbar über den kristallinen Gesteinen der Urzeit der junge Geschiebelehm lagert. Der Schild zeigt die Oberflächenformen, die von einer so alten Landmasse zu erwarten sind; er ist sehr früh in eine Rumpfebene abgetragen worden, die aber später gehoben und durch Flüsse zerschnitten worden ist. Diese Hebung ist nicht überall gleichmäßig erfolgt; denn während die Rumpfebene (Peneplain, siehe den Abschnitt über den Böhmerwald) stellenweise fast bis zum Meeresniveau absinkt, erhebt sie sich an anderen Stellen 900—1200 Meter hoch darüber. Nach Süden bricht der Schild plötzlich längs der großen Verwerfung des unteren Lorenzstromes ab; die Nordostküste Labradors scheint eine Verwerfung von noch größerer Sprunghöhe darzustellen. Man hat die Vermutung ausgesprochen, daß Grönland, Hochschottland, Skandinavien und Finnland Teile des Schildes gebildet haben, die durch das Einsinken der ozeanischen Becken abgetrennt wurden.

Typisch für den Bau des Schildes ist die Gruppierung von Granit- und Gneis-Batholithen**) der verschiedensten Größe, von denen ringsum nach allen Seiten kristalline Schiefer steil (unter 60 bis 90 Grad) einfallen. Stellenweise erkennt man aber auch Spuren alter Bergketten, die das Felsengebirge etwa unter rechtem, die Appalachien unter spitzem Winkel schnitten. Die Batholithen sind eruptiver Natur; als zähplastische Masse drang der Granit herauf und wölbte die über ihm lagernden Schiefer empor; er ist also für die Oberfläche jünger als diese. Deshalb ist es auch nicht richtig, eine „laurentische" Formation als die für Kanada älteste geologische Bildung zu bezeichnen; die hieher gehörenden Granite und Gneise sind vielmehr den Schiefern gleichaltrig und sogar jünger als viele von ihnen.

Nach Beseitigung der laurentischen Formation bleibt als wirklich älteste Formation das „Keewatin" (siehe Jahrb. IX, S. 56), dem freilich eine noch ältere Periode vorhergegangen sein muß. In dieser beginnt die Geschichte des Kanadischen Schildes mit Landoberflächen, an denen die Verwitterung angriff, und Meeren, in denen Schlamm und Sand abgelagert wurden. Wenn die Erde sich jemals in schmelzflüssigem Zustand befand, so war diese Entwicklungsstufe längst abgeschlossen, als die Keewatinschichten sich niederschlugen; denn sie schließen Kohlengesteine ein, die wahrscheinlich von Algen stammen, die in heißen Meeren nicht hätten leben können. Die dem Keewatin vorhergehenden Landflächen und Meeresbecken sind, soweit die kanadische Geologie bekannt ist, völlig verschwunden, also offenbar aufgeschmolzen und in die Gneise der sogen. laurentischen Formation übergeführt worden.

Das Keewatin selbst war dann eine Zeit großer vulkanischer Tätigkeit, Lavaströme und Aschenschichten breiteten sich auf den mächtigen Sedimentschichten aus, besonders im Nordwesten, während der Osten verhältnismäßig frei von Eruptionen war. Am Ende des Keewatin wurden die Tausende von Fuß mächtigen Ablagerungen vulkanischer und klastischer (Trümmer-)Gesteine durch das Emporquellen der älteren laurentischen Gneise als Dome emporgewölbt. Während der nun folgenden Periode, die eine große Lücke in unserer geologischen Überlieferung bedeutet, wurden die Berge zu einer flachhügeligen Rumpffläche eingeebnet. Diese Lücke entspricht einer sehr langen Periode der Verwitterung und Zerstörung der Landoberfläche, deren Reste sich auf dem einsinkenden atlantischen Gebiete abgelagert haben mögen. Diese Periode endet mit einer Eiszeit von großem Ausmaß.

Das untere „Huronian", die nächste Formation, beginnt mit der Ablagerung eines dicken, weitverbreiteten Geschiebelehms; hierauf folgte ein Übertreten (eine Transgression) des Meeres, in dem Schlamm und Sand, auch Kalkstein und Quarzschichten sich ablagerten. Von ihnen ist das Mittelhuronian durch wenig mächtige Konglomerate abgetrennt, die vielleicht auch einer Eiszeit angehören. Während des Mittelhuronian oder kurz nach ihm trat von neuem ein großartiger Gebirgsbildungsprozeß ein, wobei manche Mulden von Keewatin- und Unterhuron-Schichten zwischen den sich erhebenden junglaurentischen Gneisbatholithen eingeklemmt wurden. Ein breites zentrales Band der unteren huronischen Formation entging jedoch diesem Geschick und hat seine ursprüngliche Lagerung auf einem Unterbau von Keewatin und Laurentian bewahrt. Die oberhuronischen Sedimente, die auf den eingeebneten Flächen der aufgerichteten älteren Formationen auflagern, bestehen hauptsächlich aus nahezu horizontal liegenden, nur wenig veränderten quarzit- und kohleführenden Schiefern.

Ihnen folgte mit einer jedenfalls nur geringen Unterbrechung die letzte archäische Formation, das Keweenawan; es schließt Flachwasserablagerungen von Sandsteinen und Konglomeraten ein, die von gewaltigen Lavaergüssen begleitet sind. Als Resultat der letzteren ergaben sich große Becken wie das des Oberen Sees. Wahrscheinlich war während des Oberhuronian und des Keweenawan der Kanadische Schild größtenteils oder völlig vom Meere bedeckt.

Mit dem Keweenawan schließt nach allgemeiner Annahme das Archaikum, dessen Teile in ihrer Lage im allgemeinen nicht gestört worden sind. Während des älteren Paläozoikums, der Schichten, in denen die ältesten Lebewesen auftreten, wurde der

*) Naturw. Rundsch., 26. Jahrg., Nr. 1 (Ref. von Dr. Th. Arldt).

**) Unter Batholithen oder Lakkolithen versteht man große, brot- oder fladenförmige, zwischen anderen Gesteinen eingeschobene Eruptivmassen.

Kanadische Schild mehr als einmal durch das Meer eingeschränkt, so im Kambrium, im Untersilur und Silur, doch blieb wahrscheinlich der größte Teil der Halbinsel Labrador sowie vielleicht ein Gebiet nordwestlich der Hudsonbai von solchen Bedeckungen frei. Vom Devon bis zum Quartär scheint der Schild trockenes Land geblieben zu sein, und Teile der Untersilur- und Silurdecke der Sedimente wurden in dieser langen Zeit weggespült.

Die Aufeinanderfolge der quartären Eisdecken vervollständigte das Werk der Abtragung, und am Ende des Eiszeitalters lagen viele Tausende von Quadratmeilen nahezu im Meeresniveau. Zuletzt hat sich das Gebiet wieder gehoben, und zwar in verschiedenen Gegenden in verschiedenem Maße, wie sich aus der Krümmung der Strandlinien am Meere und an den Binnengewässern erkennen läßt.

Die Oberfläche der niedrigen Hügel und Rundhöcker von Gneis und Schiefer unter dem quartären Geschiebelehm ähnelt in jeder Hinsicht denen unter den flach gelagerten Schiefern und Kalksteinen des älteren Paläozoikums oder den nahezu horizontalen Ablagerungen des Oberhuronian oder selbst den ungestörten Schichten des unterhuronischen Geschiebelehms. Möglicherweise mag ja ein großer Teil der Oberfläche mit Sedimenten bedeckt und erst durch spätere subaërische Erosion ans Tageslicht gebracht worden sein. Der größere Teil der Abtragung scheint aber vor das obere Huronian, also in präkambrische Zeit, zu fallen, und die vorhuronische Oberfläche erscheint als ebenso reif wie irgend eine der späteren. Dies ist für die Abschätzung der Länge der ersten geologischen Perioden von größter Bedeutung. Die prähuronische Zeit schließt die Abtragung von Tausenden von Fuß der Keewatinschichten ein sowie die Erhebung der älteren laurentischen Gebiete und deren Einebnung zu einer Rumpffläche. Sie mag ebenso lange gedauert haben als die ganze nach dem Huronian verflossene Zeit.

Das Eiszeitalter.

Der nun schon jahrzehntelang dauernde, immer neue Probleme zur Erörterung stellende Streit über die Einheit oder Vielheit der diluvialen Eiszeiten, über Klima und Ursachen dieser für die Menschwerdung so unendlich wichtigen Epoche setzt sich mit unverminderter Heftigkeit fort.

In einer Abhandlung über die Eiszeit auf Korsika gibt Dr. Roman Lucerna*) zum Schlusse einige allgemeine Betrachtungen über die Abnahme der exogenen (von außen wirkenden) Naturkräfte seit dem Ende des Eiszeitalters, Bemerkungen, die sich ihm bei jahrelanger Beschäftigung mit den glazialen Verhältnissen aufgedrängt und in Korsika ihre Bestätigung gefunden haben. Die Arbeit selbst hat einen Zusammenhang zwischen den Glazialerscheinungen des Gebirges und den jüngsten Strandplattformen der Küste gezeigt. Die Trogtäler des Hochgebirges und die Moränen, die Sockelreste der Engtäler und die Diluvialschotter, endlich die Strandlinien der Küste bilden auf Korsika ein untrennbares Ganzes. Die Steilabfälle der Täler laufen in Kliffe, die Sohlen in Strandplattformen aus. Sobald der Spiegel des Meeres sich hob und es in die Buchten eindrang, stiegen die Gletscher von den Höhen herab, schütteten die Flüsse Schotter auf, die bis zur Küste reichten. Sobald die Schneegrenze höher stieg, die Gletscher schwanden, sank der Meeresspiegel. Die Schwankungen von Schneegrenze und Meeresspiegel sind der Ausdruck einer gemeinsamen klimatischen Ursache, die wir heute nicht kennen.

Die Bemerkungen über die Abnahme der exogenen Naturkräfte gründen sich auf das Größenverhältnis der seit der letzten Eiszeit gebildeten Formen gleicher Kategorie.

Betrachten wir die gegenwärtigen Gletscher im Vergleiche mit den eiszeitlichen, so erkennen wir in ihnen verjüngte Ebenbilder jener. Die Rekonstruktion der Stadialgletscher ergibt ein stufenweises Kleinerwerden aller Gletscherformen. Damit vermindert sich im selben Maße Umfang und Mächtigkeit der Formen der glazialen Erosion und Akkumulation (Abtragung und Anhäufung). An Stelle der gewaltigen Moränenamphitheater der Eiszeit treten immer kleiner werdende Moränengürtel bis zu den kleinen Moränenwellen der Gegenwart; eine Verjüngung der Zungenbecken und der damit zusammenhängenden Seenbildung, eine Verkleinerung der Gletschertröge nach Breite und Tiefe bis zu den Miniaturtrögen, die heute gebildet werden, geht damit Hand in Hand. Heute zeichnet sich das Hochgebirge durch Vielgipfligkeit aus, wobei die einzelnen Gipfel nur selten eine ungewöhnliche Größe erreichen, während die Hochgipfel der Diluvialzeit in geringerer Anzahl vorhanden waren, dafür aber größere Dimensionen hatten, so daß der Sockel eines Diluvialgipfels heute in einem ganzen Kranze jetziger Gipfelpunkte zu suchen ist. Was von den Gipfeln gilt, gilt auch von den Wänden und Wandpfeilern, von den Couloirs (steil ansteigenden Engschluchten, deren Boden mit Geröll, Eis, Firnschnee bedeckt ist). Es gibt keine Form der Glazialgebiete, die nicht in den Stadialzeiten eine stufenweise Verjüngung, d. h. eine Verkleinerung bei gleichzeitiger Vervielfältigung, erlitten hätte, und zwar so, daß die rezente (gegenwärtige) Form der lokalen Formenreihe stets die kleinste ist.

Das Gesagte gilt höchst auffallenderweise auch von den Gebilden der fluviatilen, vom fließenden Wasser herrührenden Akkumulation. Der Ausbreitung des älteren Deckenschotters ist in den jüngeren Eiszeiten nichts gleich Ausgedehntes an die Seite zu stellen. Der jüngere Niederterrassenschotter ist in den breiteren Talboden der Hochterrasse eingelagert, also bei weitem nicht so mächtig. In noch weit höherem Maße gilt dies von den Stadialschottern. In die Bühlterrasse ist die weit schmälere Gschnitzterrasse eingelassen; ihr liegt die Dauntterrasse, wo sie vorhanden ist, oft nur in schmalen Leisten an, wie die beigegebene Skizze zeigt, und zwischen den Rudimenten des Daunschotters bewegen sich die rezenten Schotteranhäufungen. Der Verjüngung der Talbodenbreite der staffelweise angeordneten Terrassen entspricht auch die Verkleinerung der Schlingenbildung der sie aufbauenden

*) Abhandl. der k. k. Geogr. Gesellsch., Wien Bd. IX (1910), Nr. 1.

Flüsse. Die jüngere Schlinge pendelt in einer größeren älteren (siehe Skizze). Schon die Betrachtung der Flußschlingen legt die Vermutung nahe, daß die Breite der Alluvialflüsse und ihre Wassermenge mit dem Alter der Stadien stufenweise abnahm. Volle Gewißheit darüber erlangt man an Wasserfällen, wo das Einschnittsprofil in festem Fels nicht nur jene charakteristische Abstufung zeigt wie in den Akkumulationsterrassen, sondern sich auch aus der Breite der Einschnitte annähernd die mittlere Wassermenge bestimmen läßt, die während jedes einzelnen Stadiums das Profil passierte. Wie die Tröge und Talböden und Gletscher haben auch die Stadialflüsse seit Ende der Eiszeit stufenweise abgenommen. Dies gestattet den Rückschluß auf bedeutend größere Niederschlagsmengen am Ende der Eiszeit gegenüber heute und auf eine schrittweise Abnahme derselben bis zur Gegenwart.

Die ältere Alluvialzeit war in der Tat, wie die Diluvialperiode, eine Pluvialzeit (Regenperiode). Die ältere Anschauung betont falscherweise das



Ineinanderlagerung des stadialen und rezenten Gerinnes am Jalowez (Eiptauer Alpen). G = Eschnitzschotter, d = Daun-, r = rezenter Schotter.

Katastrophale, das Vorwiegen von Überschwemmungen. In Wirklichkeit war nur die Summe des jährlichen Niederschlages eine größere, und diese Summe ist in den größeren Abschnitten der Nacheiszeit stufenweise kleiner geworden. Die Verteilung dieses gesteigerten Niederschlages war wohl eine ähnliche wie heute, insofern die Verteilung der Gebirge, der Länder und Meere in der Alluvialzeit dieselbe wie jetzt war; der größte Teil Europas war ein Gebiet mit Niederschlägen zu allen Jahreszeiten, und das Mittelmeergebiet war auch eine der wolkenärmsten Regionen des damaligen Erdballs.

Träfe die Beobachtung, welche Lucerna über den Größenunterschied der Bühl- und Wurmdünen am Nordrande von Korsika machte, auch für andere Gegenden zu, so müßte man sich die Kraft des Windes zu Beginn der Alluvialzeit gesteigert vorstellen und könnte ein verstärktes Auftreten sämtlicher paläoklimatischen Elemente gegenüber der Gegenwart annehmen.

Die Verjüngung der Formen sowie die Schwächung gewisser klimatischer Elemente läßt sich nur unter der Annahme erklären, daß die Intensität (Stärke) der exogenen Naturkräfte seit der Würmeiszeit weitgehende Änderung erfahren hat. Das Beweismaterial für diese Annahme ließe sich noch beträchtlich vermehren. Unsere menschliche Kultur hat sich also ausgebildet zu einer Zeit stark verminderter Naturkräfte, und wenn wir heute über die Heftigkeit der Stürme, die Gewalt der Brandung, die Majestät der Gewitter und über die Schrecken der Elementarereignisse zu staunen pflegen, so sind diese uns großartig dünkenden Schauspiele nur Spielwerk im Vergleiche zur Entfaltung der Naturkräfte am Beginne der geologischen Gegenwart. Wir leben heute wie während der ganzen historischen Zeit in einer Ära der durch unabänderliches und unerforschtes Walten gleichsam gezähmten Naturkräfte, und vielleicht ist nur in einem solchen Zeitabschnitt eine so feingliedrige Kultur wie die der historischen Menschheit möglich geworden.

Wie die Abschwächung der Naturkräfte seit der letzten Eiszeit erfolgte, ob stufenweise, wofür die verjüngten Formenreihen sprechen, ob rhythmisch in Schwankungen von abnehmender Weite, wofür auch Anzeichen vorhanden sind, darüber läßt sich heute noch nichts Bestimmtes sagen. Schwankungen von abnehmender Schwingungsweite scheinen dem Verfasser die Abnahme der Naturkräfte am besten zu erklären.

Die letzte Ursache für die Veränderung der Naturkräfte wird im Sonnenball zu suchen sein. Die Sonne der Diluvialzeit muß eine andere gewesen sein als die heutige. Ob sich die ganze Fülle von Erscheinungen durch eine stufenweise Abnahme des Radius der Sonne der Diluvialzeit oder ihrer physikalischen Wirkungen erklären läßt, ob die Bildung und Dauer von Sonnenflecken vordem eine ins Riesenhafte gesteigerte war und ob deren Verschwinden im natürlichen Entwicklungsgange des Sonnenballs begründet liegt, diese Fragen werden vielleicht immer ihrer Lösung harren.

Auf eine aus der Eiszeit herstammende, bis auf den heutigen Tag fast unversehrt erhaltene Erscheinung auf den europäischen Mittelgebirgen, die eigentümlichen Blockanhäufungen, Block- oder Felsenmeere, macht in einer Arbeit über die periglaziale Fazies der mechanischen Verwitterung W. v. Lozinski aufmerksam.*) Diese Anhäufungen treten in den deutschen Mittelgebirgen (Hunsrück, Odenwald, Harz, Böhmerwald, Riesengebirge), im polnischen Mittelgebirge, den galizischen Karpathen und dem Südural auf und umhüllen im obersten Teil der Mittelgebirgsrücken das anstehende Gestein mit einem mehr oder weniger geschlossenen Trümmermantel schwer verwitternder Gesteinsarten (Quarzit, Sandstein, harter Granit und Gneis, Quarzschiefer u. a.). Eben diese Härte der Blockgesteine gibt die Erklärung dafür, daß sie nur noch als vereinzelte, durch die Vegetation umgrenzte Inseln zerstreut und fremdartig in der sonst dichtbewachsenen Mittelgebirgslandschaft auftreten. Blockmeere von weicheren Felsarten sind längst der Verwitterung anheimgefallen und in Vegetation eingehüllt.

In der Gegenwart erfolgt keine Weiterbildung von Blockanhäufungen durch die Verwitterung mehr; v. Lozinski konnte vielmehr überall nur feststellen, daß die Blockbildungen durch die allmähliche Ausbreitung der Vegetation immer mehr

*) Naturw. Wochenschr., 10. Bd. (1911), Nr. 41 periglaziale Fazies, d. h. das Aussehen, welches die mechanische Verwitterung im Umkreise der ehemaligen Eisbedeckung zeigt.

erobert und eingeschränkt werden. Ihre Entstehung durch eine weitgehende mechanische Gesteinszertrümmerung muß also im rauheren, von dem heutigen erheblich abweichenden Klima einer längst verklungenen Periode erfolgt sein, in der Diluvialeiszeit. Das wird einerseits dadurch erwiesen, daß die endgültige Heraushebung des heutigen Reliefs mehrerer von diesen Gebirgen erst in einer jungtertiären Hebungsphase stattfand, wahrscheinlich zur Pliozänzeit, anderseits dadurch, daß dort, wo die Gletscher derartige Bildungen während der Eiszeit fortgesetzt haben, sich nachher neue daselbst nicht wieder eingestellt haben; endlich auch dadurch, daß die Blockanhäufungen in unverkennbarem Zusammenhang mit der Südgrenze des diluvialen Inlandeises stehen.

Auch gegenwärtig findet in der Umgebung von Inlandeismassen die intensivste mechanische Gesteinszertrümmerung statt. Als das diluviale Inlandeis vom Norden her sich bis in die mittleren Breiten erstreckte, muß in dem südwärts an den Eisrand angrenzenden Streifen Europas ein rauhes Klima geherrscht haben, in welchem die Nachtfröste weit in den Sommer hinein dauerten. In diesem periglazialen Klima war der Spaltenfrost in höchstem Grade wirksam und konnte eine ebenso weit gehende mechanische Zertrümmerung der Gesteine herbeiführen wie gegenwärtig in den Polarländern in der Nähe der Inlandeismassen, zumal die Umrandung des diluvialen Inlandeises ebenfalls waldlos war und einer zusammenhängenden Pflanzendecke entbehrte. Dadurch waren die günstigsten Bedingungen für die mechanische Tätigkeit des Spaltenfrostes gegeben. So stellen die Blockbildungen in den Gebirgsrücken Mitteleuropas die eiszeitliche Schuttregion dar, die nachher durch die Pflanzenwelt immer mehr erobert wurde.

Das Wesen der periglazialen Verwitterungsfazies liegt in der weitgehenden mechanischen Gesteinszertrümmerung in situ (an Ort und Stelle) durch die intensive Tätigkeit des Spaltenfrostes. Mit der Entstehung in situ hängt es zusammen, daß viele Blockfelder aus wackelnden Blöcken zusammengesetzt und an geeigneten Stellen die Blockbildungen so gelagert sind, daß sie sich noch zu ursprünglichen Bänken zusammenschmiegen lassen. Durch die Winde der Eiszeit wurden die periglazialen Blockbildungen von den feineren Verwitterungsrückständen so vollständig gereinigt, daß ihre Besiedlung durch die Pflanzenwelt in der Postdiluvialzeit nur sehr langsam fortschreiten konnte.

Da wir in diesen, nur an wenigen Stellen intakt erhaltenen diluvialen Blockbildungen beredte Zeugen der intensiven Wirksamkeit des Spaltenfrostes in der Diluvialzeit erkannt haben, müssen wir diesen Faktor auch bei der Entstehung der ungeheuren, durch das nordische Inlandeis ausgebreiteten Schuttmassen würdigen. Mit Recht darf angenommen werden, daß das allmählich anschwellende Inlandeis auf der Oberfläche Skandinaviens neben anderen Verwitterungsprodukten auch Blockbildungen vorfand und sich derselben bemächtigte. Von solchen durch das diluviale Inlandeis ergriffenen Blockbildungen dürfte ein großer Teil der



Das Felsenmeer bei Heidelberg.

kantigen Geschiebe und erratischen Blöcke im nordischen Diluvium herrühren. Auch für andere glaziale Erscheinungen, z. B. für die Umbildung der voreiszeitlichen Talschlüsse und Gehängenischen in die eiszeitlichen Gletscherkare, müssen wir die bedeutende Steigerung der Frostwirkungen an den Felswänden, welche die eiszeitlichen Firnmulden umschlossen, in Betracht ziehen.

Wenden wir uns nun dem gegenwärtigen Hauptthema der Glazialdebatten zu, der Frage, ob eine einheitliche, allerdings mit Vor- und Rückwärtsbewegungen des Eisrandes einhergehende Eiszeit, oder ob deren mehrere, durch längere Interglazialzeiten getrennte anzunehmen seien. Nach P e n c k und B r ü c k n e r haben vier diluviale Eiszeiten, getrennt durch etwa 100.000 Jahre währende

Zwischeneiszeiten, stattgefunden. Eine Tabelle (Anhang 1) gibt Auskunft über die von ihnen in dem Werke „Die Alpen im Eiszeitalter" gegebene Gliederung der Diluvialeiszeit, über die Verteilung der Menschenrassen auf diese Epochen, über die in ihnen auftretenden Charaktertiere und die Kulturen der Steinzeit. Dem entgegen vertritt etwa ebenso lange Prof. Geinitz, um nur einen Vertreter dieser Richtung zu nennen, die Ansicht, daß es nur eine einheitliche Eiszeit gegeben habe, und ihm schließt sich hinsichtlich der Alpen Damasus-Aigner an in seinen Forschungen über die Einheitlichkeit der alpinen Eiszeit.*) Denn, wie gleich zu bemerken, es gibt hier zwei Schlachtfelder, auf denen der Kampf wütet: die Alpen und die norddeutsche Tiefebene, und es gibt auch Vermittler, die begütigend anführen, es könne ja sehr wohl an einem Orte eine einzige, am anderen eine viermal wiederholte Eisbedeckung eingetreten sein.

In ihrem eigenen Lager werden die Anhänger der mehrmaligen Eiszeit angegriffen von Prof. Dr. Richard Lepsius in einer umfangreichen Abhandlung über die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit in den Alpen.**) Lepsius verallgemeinert die Ergebnisse dieser Untersuchungen als für ganz Europa geltend, indem er vor allem die Gründe für die sogen. Interglazialzeiten widerlegt.***) Die beiden Fundorte fossiler Pflanzen, die in den Alpen bisher als interglazial galten, Hötting und Iseo-See, weist er dem Jungtertiär, und zwar dem Oberpliozän, zu. Damit ist ein wertvoller Anhalt für die Abschätzung des Klimas in den Alpen vor der diluvialen Zeit gewonnen, da beide Fundorte nicht am Rande, sondern im Innern des Gebirges liegen. Dieses Klima müßte eine mittlere Jahrestemperatur von 18°, eine mittlere Januartemperatur von +6° gehabt haben; das sind keine Wärmeverhältnisse, wie sie im Innern der Alpen, wo diese Pflanzenreste gefunden sind, zur Eiszeit geherrscht haben können, selbst wenn die sogen. Interglazialzeiten zu ungemein langen Dauerperioden ausgezogen würden. Dagegen kann das pliozäne alpine Klima dem jetzigen Klima am Pontus, wo jene Pflanzen jetzt gedeihen, sehr gut entsprochen haben.

Die altdiluviale Flora und Fauna von Utznach und Dürnten läßt auf ein kontinentales Klima für die altdiluviale Zeit schließen, im Gegensatz zu dem jetzigen ozeanischen Klima in den Westalpen. Die jetzige Temperatur, welche die für die gleiche Breite gegebene Normaltemperatur bei Basel und Lugano um etwa 4° übertrifft, überhaupt die ganze anormale Erwärmung Europas zur Gegenwart (verglichen mit den gleichen Breiten in Asien und Nordamerika) führt Lepsius auf den warmen Golfstrom zurück. Er nimmt an, daß der Golfstrom sich erst in der letzten Absenkungsperiode der nordatlantischen Kontinente gebildet hat bezw. seinen Lauf auf Europa zu nehmen konnte; vor dieser Zeit verhinderte die Atlantis, jene alte kontinentale Verbindungsbrücke zwischen Nordeuropa und Nordamerika, einen solchen warmen Meeresstrom, nach Europa zu gelangen.

Eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur um 4° genügt jedoch, wie ein Blick auf entsprechende Gegenden in Kanada, dem Ural oder Turkestan zeigt, für die Schweiz noch nicht, um so große Vergletscherungen herbeizuführen wie zur Haupteiszeit. Es müssen bedeutend niedrigere Kältegrade für die Hochalpen gefordert werden, um solche Firneismassen entstehen zu lassen, daß die aus ihnen vorrückenden Gletscher die Ausdehnung gewinnen, die sie zur borealen Eiszeit in den Vorländern der Alpen hatten.

Lepsius nimmt daher an, daß sowohl Basel wie Garda zur Haupteiszeit um 500—600 Meter und die Hochalpen entsprechend den Schneegrenzenunterschieden um 1300—1500 Meter höher über dem Meere gelegen haben, als es jetzt der Fall ist. Das würde die nötigen Temperaturerniedrigungen herbeiführen, um die Alpen vereisen zu lassen, wenn wir dazu die obigen 4° auf die jetzige anormale Erwärmung Westeuropas durch den Golfstrom abrechnen.

Anderseits waren die jährlichen Niederschlagsmengen zur Haupteiszeit in den Alpenländern verhältnismäßig geringer als jetzt, weil Mitteleuropa, höher aus dem Meere herausgehoben, damals natürlich weiter entfernt vom Ozean lag als zur jüngeren Diluvialzeit und als jetzt. Nur dadurch ist die Entstehung der Lößsteppen in Westeuropa zu erklären; die Waldvegetationen sowohl vor als nach der Haupteiszeit (Dürnten-Utznach vor, Güntenstall nach) am Nordrande der Schweizer Alpen weisen auf ein kontinentales, nicht ein ozeanisches Klima. Wald und Steppe existierten gleichzeitig: der Wald am Rande der Alpen, die Steppen draußen auf den Ebenen. Die Haupteiszeit übte auf die Vegetation der Alpen eine starke Wirkung aus. Eine Anzahl Pflanzen, die aus der präglazialen Zeit vorhanden waren, paßten sich durch eine Umänderung ihrer Lebensart und ihres Wuchses der kälteren Luft und den Schneewehen auf den Hochalpen an: es entstand die hochalpine Flora, wie sie noch jetzt an den Schneegrenzen lebt. Eine andere Gruppe von Pflanzen wanderte aus, so die Brasenia purpurea, ohne nach Europa zurückzukehren. Die Mehrzahl der Pflanzen aber wich örtlich nur so weit zurück, als es die große Vergletscherung der Alpen erforderte, d. h. die Waldgrenzen änderten ihre Höhenlagen mit dem Aufsteigen der Alpen und der dadurch bedingten Änderung der Schneegrenzen. Sobald aber die Gletscher mit dem Absinken der Alpen wieder aus dem Vorland zurückwichen, folgte ihnen der Wald auf dem Fuße, und zwar nicht eine pontische, sondern eine mitteleuropäische Waldvegetation.

Lepsius folgert daraus, daß das Klima Europas zur Diluvialzeit nicht aus irgend welchen allgemein tellurischen oder gar kosmischen Ursachen ein kälteres war als jetzt, sondern aus regional-tektonischen Gründen: der Kontinent lag zur Haupteiszeit höher über dem Meere und weiter entfernt vom Atlantischen Ozean. Daher standen die Alpen und die mitteldeutschen Gebirge höher

---

*) Archiv des Vereins d. Freunde der Naturw. in Mecklenburg, 64. Jahrg. 1910.

**) Abhandlungen der Hess. Geol. Landesanstalt, Bd. V, Heft 1, Darmstadt 1910.

***) Die Umschau, XIV, Nr. 46.

über dem Meeresspiegel als jetzt. Rechnen wir noch die Abwesenheit des feuchtwarmen Golfstromes hinzu, so erblicken wir die örtlichen Ursachen, welche die große Vergletscherung der Gebirge zur borealen Zeit bewirkten.

Diese Vergletscherung war einheitlich, nicht von interglazialen Zeiten unterbrochen. Im Innern der Alpen kennen wir keine interglazialen Ablagerungen; die weiße Höttinger Breccie von der Höttinger Alm und die weiße Seekreide in der Borlezzaschlucht über dem Iseo-See gehören der präglazialen, der pliozänen Zeit an. Dagegen beobachten wir im Oszillationsgebiete der diluvialen Gletscher am Rande der Alpen und in ihrem Vorlande an vielen Punkten intramoränale Schotter, Sande, Bändertone, Torfmoore, welche sich bildeten sowohl in den Perioden des Vorrückens als des Rückzuges der Alpengletscher.

Wir dürfen solche intramoränalen Absätze in ihren Einzelheiten nicht schematisch durchziehen durch die nördlichen und südlichen Alpenränder, da jedes Flußtal, je nach seiner örtlichen Lage, seine eigene glaziale Entwicklung durchlebte. Nur allgemeine Grundzüge gelten. Während der borealen Vorstoßperiode setzten die Schmelzwasser der Gletscher in den Talebenen des Vorlandes die Deckenschotter und die Hochterrassenschotter ab. Beide Schotterdecken sind durch Flußerosionen voneinander getrennt, welche einerseits mit dem Aufsteigen des Alpenkörpers, anderseits mit dem Absinken der oberrheinischen Tiefebene und der Tiefebenen an der unteren Donau zusammenhängen.

Beide Schotterdecken wurden überflutet in der Zeit der weitesten Ausdehnung der alpinen Gletscher, der borealen Eishochflut. Daher sehen wir, daß sowohl die Decken- wie die Hochterrassenschotter von den Moränen der Haupteiszeit örtlich überdeckt werden.

Der Rückzug der alpinen Gletscher während der atlantischen Periode geschah ziemlich rasch; denn wir kennen in dem Alpenvorlande wenig charakteristische Ablagerungen aus dieser Zeit: sie muß also schnell vorübergegangen sein, was sich aus einem plötzlichen Einbruch der Atlantis und dem gleichzeitigen plötzlichen Absinken des europäischen, resp. nordamerikanischen Kontinents erklären ließe.

Nach diesem ersten und starken atlantischen Rückzuge blieben die Gletscherenden lange Zeit auf den Linien stehen, welche durch die eigenartigen Ringwälle und Landschaften der äußeren Jungmoränen gekennzeichnet sind.

Danach geschahen neue starke tektonische Bewegungen im Atlantischen Ozean und auf dem europäischen Kontinent während der skandinavischen Periode: der Golfstrom entstand und brachte Westeuropa eine anormale Erwärmung. Die alpinen Gletscher zogen sich immer weiter zurück in die Täler des Gebirges. Die unteren Talstrecken ertranken am Außenrande, weil der Alpenkörper relativ tiefer einsank als das Schweizer und schwäbische Juragebirge. Der Genfer, Brienzer und Thuner, Vierwaldstätter, Walen-, Züricher und Bodensee sind ertrunkene Talstrecken.

Während die Alpen zur miozänen Zeit so hoch hinaufgeschoben wurden, wie es die aufstauende Kraft vermochte, nahmen sie in der skandinavischen Periode an der allgemeinen, um den ganzen Nordrand des Atlantik vor sich gehenden Absenkung teil. Kanada und Grönland sanken damals ebenso ab wie Nordeuropa und Skandinavien. Aber die Absenkungen waren, wie bei allen regionalen Bewegungen, örtlich verschieden tief in ihren relativen und in ihren absoluten Niveauschwankungen. Sie nehmen in Europa von Westen nach Osten an Stärke ab. Zum Beispiel wurden die Ostalpen weder zur borealen Zeit so hoch gehoben wie die Westalpen, noch sanken sie während der atlantischen und skandinavischen Periode so tief ein wie jene. Daher verflachen alle glazialen Erscheinungen der Eiszeit in den östlichen Gebieten der Alpen, bis sie in den oberen Gebieten der Drau- und Savetäler gänzlich verschwinden.

Am Schlusse seiner Arbeit, die in vielen Punkten sehr einleuchtend erscheint, aber von der Kritik vielfach stark angefochten ist, gibt Lepsius eine Gliederung der diluvialen Eiszeit in den Alpen und ihren Vorländern in drei Perioden, die boreale, die atlantische und die skandinavische Periode (siehe Anhang 2).

Über eine merkwürdige Entdeckung, die eines zentralafrikanischen Gletschers aus der Triaszeit, berichten auf Grund mehrjähriger Forschung im Kongostaate S. H. Ball und M. K. Shaler.*) Sie trafen im oberen Kongogebiete, in 3·5—5° südl. Breite, glaziale Spuren, die der Trias zugehören, einem Zeitalter, dem man doch für Afrika eine recht warme Beschaffenheit zuschreiben müßte.

Bekanntlich nahm die Stelle des heutigen Kongobeckens früher, ungefähr zur Triaszeit und später, ein riesiger Süßwassersee ein, der ziemlich im Niveau des Meeres lag, vielleicht auch mit ihm in Verbindung stand. Hier bildeten sich bei langsam fortschreitender Senkung des Seebodens flachliegende Sandsteine und Schiefer, deren allerdings nur spärlich auftretende Versteinerungen (Pflanzen, Muschelkrebse) auf ein Trias- bezw. Juraalter der Schichten deuten. Während südlich, westlich und nördlich niedriges Land den Riesensee von rund 1450 Kilometer Durchmesser umgab, erhob sich im Osten ein Bergland von gut 600 Meter Höhe, in das sich tiefe, scharf abschneidende Täler hineinziehen, die von Zungen der oben bezeichneten Gesteine erfüllt sind und durchaus den Eindruck von Fjorden machen, wie man sie nur in Gebieten mit ehemaliger Vereisung antrifft. Gerade in der Gegend dieser fjordähnlichen Täler trifft man auch Konglomerate, die völlig wie Moränenmaterial aussehen und ihren Ursprung einem Gletscher verdanken müßten, der dem jetzigen oberen Kongotale folgend sich von Süden nach Norden erstreckte. Wo die Oberfläche der unterlagernden Gesteine frei liegt, ist sie infolge der Erosion stark zerschnitten, während sie unter den Konglomeraten geglättet und geschrammt erscheint, wie wir es auf anstehendem Gestein im Gebiete der nordischen Vergletscherung zu sehen gewohnt sind. Alle diese Anzeigen nebst dem Vorkommen erratischer Blöcke,

*) The journal of the Geology, vol. 18 (1910).

die durch schwimmende Eisberge transportiert zu sein scheinen, sprechen, so unglaubwürdig die Sache auf den ersten Anblick auch erscheint, für das vormalige Dasein eines triassischen Gletschers in Zentralafrika. Die Ursache der Vereisung wäre, da besonders hohe Bergketten auch damals nicht existiert zu haben scheinen, in einem kälteren Klima zu suchen, für dessen Auftreten allerdings keine annehmbare Erklärung vorliegt.

Das Ursprungsgebiet des Gletschers ist höchstwahrscheinlich in dem bis zu 2700 Meter ansteigenden Berggebiete von Kabambare im südlichen Kongostaate zu suchen, wo längere Zeit ein wichtiges Gletscherzentrum gelegen haben muß; denn auch die von 25⁰ südl. Breite ab südwärts gelegenen Dwykakonglomerate der permischen Eiszeit weisen, da die Gletscherschrammen hier nach Süden zu gerichtet sind, auf einen Ursprung der sie erzeugenden Gletscher im inneren Hochlande. Es hat hier also vielleicht die ganze Perm- und Triaszeit hindurch ein großes Vereisungszentrum existiert.

Auf die zeitlich uns näherliegende Diluvialeiszeit gründet der amerikanische Geologe R. A. Daly eine neue Theorie der Entstehung der Korallenriffe.*) Er geht von dem merkwürdigen Umstand aus, daß die untermeerischen Sockel, auf denen die Korallenbauten fußen, eine auffallend gleichmäßige Tiefe besitzen. Aus einer Zusammenstellung dieser Tiefen im ganzen Südseearchipel bis zu den Malediven hinüber ergibt sich, daß die mittlere Tiefe der Plateaus 45, der Lagunen und Kanäle 35 Faden beträgt. Der Unterschied von 10 Faden (18 Meter) sei dadurch zu erklären, daß die in den Lagunen sich ablagernden, vom Riff stammenden Korallenkalktrümmer die Tiefe der letzteren vermindern mußten.

Berechnet man nun, um wie viele Meter sich ungefähr der Meeresspiegel erniedrigen mußte, als durch die Bildung des Inlandeises großer Wassermengen gebunden wurden, so ergeben sich ähnliche Maße. Bei Annahme einer noch ziemlich kleinen Zahl von Quadratkilometern für das Areal der quartären nordischen Vergletscherung würde die allgemeine Erniedrigung des Meeresspiegels bei einer Eisdecke von 900 Metern 38, bei einer solchen von 1500 Meter 63 Meter betragen. Überdies mußte diese Massenanhäufung in der gemäßigten Zone noch eine den Tropenmeeresspiegel stärker erniedrigende Anziehung ausüben, so daß sich für jene Gegenden eine Senkung des Ozeanspiegels um 25—45 Faden (45—82 Meter) ergibt. Das würde genügt haben, um die unterseeischen Plattformen der heutigen Korallenriffe in das Niveau des damaligen Meeresspiegels zu bringen.

Auf dieses Zutagetreten und das langsame nachherige Wiedereintauchen des Meeresbodens baut R. A. Daly seine Theorie von der Bildung der rezenten Korallenriffe, die also erst in nachtertiärer Zeit erfolgt wäre. Die Entwicklung der flachen Plateaus, auf denen diese Atolle und Wallriffe stehen und die durchaus den von den Brandungswellen geschaffenen Abrasionsflächen ähneln, kann nicht der tertiären marinen Erosion zugeschrieben werden.

In der Quartärzeit muß auf der ganzen Erde eine beträchtliche Abkühlung eingetreten sein, wenn nicht als Ursache, so doch als Folge der großartigen Eisbildungen, welche nicht nur die Lufttemperatur erniedrigten, sondern auch durch kalte Strömungen und schmelzende Eisberge das Meerwasser im ganzen stark abkühlten. Infolgedessen gingen die riffbauenden Korallen, die zum Gedeihen einer Minimaltemperatur von +20⁰ C bedürfen, in einem sehr großen Teil ihres Verbreitungsgebietes zu Grunde. Die meisten vortertiären Riffe starben ab, fielen nebst den bisher von ihnen geschützten Inseln den Brandungswogen zum Opfer, während der Meeresspiegel infolge der fortschreitenden Vereisung immer mehr sank und die Abrasion, an den freigelegten Flächen arbeitend, allmählich die ungefähr in gleichem Niveau liegenden Rumpfflächen schuf.

Auf diesen Flächen siedelten sich, als beim Schmelzen des Eises der Meeresspiegel wieder stieg und das Wasser wärmer wurde, die Korallentierchen aufs neue an, und es erhoben sich die heutigen Riffe, indem, wie dies auch die Darwin-Danasche Hypothese annimmt, die unteren Teile im immer tiefer sinkenden Niveau abstarben, während die oberen fortgesetzt höher bauten.

Eiszeit und Korallenriffbildung — eine Verbindung, welche die kühnste Phantasie nicht wagen würde, die Wissenschaft bringt sie leicht und ungezwungen zu stande.

*) The Amer. Journ. of Science XXX (1910), p. 297 ff.

Erdbeben und Vulkane.

Wenn auch das Jahr 1911 von verderblichen, katastrophalen Erdbeben und Vulkanausbrüchen verschont geblieben ist, so hat es doch an Aufsehen und Schrecken erregenden Momenten nicht gefehlt. Anfang Juli 1911 machte San Franzisko wieder einige Erdstöße durch, welche die stärksten seit der Katastrophe im Jahre 1906 waren, und in Portugal wurde die Bevölkerung um die Mitte des August durch täglich wiederholte lang andauernde Stöße in Furcht und Schrecken versetzt, besonders im Süden des Landes. Großes Aufsehen erregte ferner das umfangreiche süd- und mitteldeutsche Erdbeben vom 16. November 1911, das $10^1/_2$ Uhr abends begann und so stark war, daß es die mechanisch registrierenden Erdbebenpendel selbst entfernter geodätischer Institute außer Betrieb setzte. Es dauerte ungefähr eine halbe Stunde und zählt zu den heftigsten der vergangenen Jahre, wie das Fallen von Ziegeln, der Einsturz von Kaminen und Mauern, das Bersten von Häusern, das Fallen der Bilder und Umstürzen von Möbelstücken in den Wohnungen bezeugt.

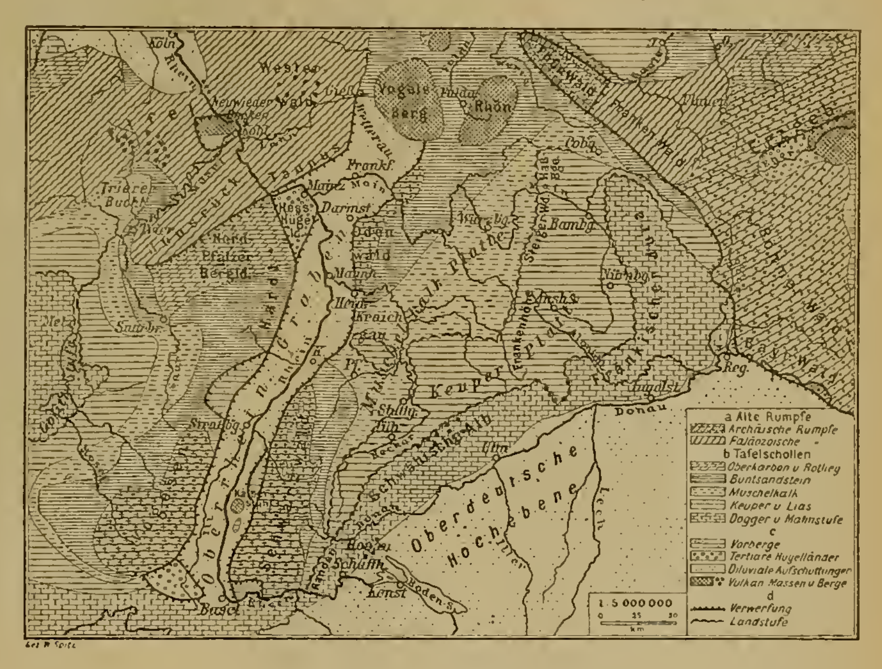
Die Bebenstöße wurden nordwärts bis Kassel, Erfurt, Gotha, Weimar, Eisenach und Dresden, südlich von den Alpen noch in Mailand und Turin gespürt. Im Osten erstreckten sie sich bis Tetschen, Prag und Wien, wo sie die Richtung von West nach Ost zu nehmen schienen, im Westen bis Lunéville, Langres, Nancy, Besançon, Belfort und Pontarlier. Das Hauptverbreitungsgebiet, in dem

die Stöße von Osten kamen, liegt jedoch im Umkreis der oberrheinischen Tiefebene von Bern, Luzern, Zürich und Konstanz bis Frankfurt am Main, Hanau, Bamberg. Zu den hier betroffenen größeren Orten gehören Mülhausen, Baden-Baden, Freiburg i. B., Donaueschingen, Hechingen, Stuttgart, Heilbronn, Heidelberg, Tübingen, Bruchsal, Karlsruhe, Straßburg, in Bayern Augsburg und München. Das Zentrum des Bebens liegt nach der Beobachtung verschiedener Erdbebenwarten unter 47° nördl. Breite und 10½° östl. Länge im Grenzgebiete der östlichen Schweiz und Tirols, in der Gegend von Finstermünz und Reschen-Scheideck. Die Spannungen, welche im Gewölbe der Alpen immer noch bestehen, müssen hier zu einer Reibung oder Setzung einer oder mehrerer größerer Erdschollen geführt haben, und die damit verknüpfte Erschütterung hat sich schwächer nach Osten (Wien), stärker nach Westen fortgepflanzt, wo sie in der bedeutendsten Schwächestelle Deutschlands, dem vom Rhonetal bis zum Main reichenden oberrheinischen Graben und seiner Umrandung, ein kräftiges Echo erweckte. Da die Erschütterungen vom Bebenzentrum sich strahlenförmig fortpflanzen, vorwiegend längs den sogenannten tektonischen Linien, so wurde natürlich auch die gesamte Umgebung des Zentrums in Mitleidenschaft gezogen, was in der Lage der oben genannten Ortschaften deutlich genug zum Ausdruck kommt.

Aus zwei Gegenden melden die Zeitungsnachrichten von das Beben begleitenden Lichterscheinungen. Unter der Meldung: Heidelberg heißt es: An vielen Orten wurde ein kometenartiger Streif am Himmel bemerkt, und Zürich meldet: Genau um 10 Uhr 26 Minuten wurde gestern abend in der ganzen Schweiz ein heftiges Erdbeben, begleitet von rollendem Getöse und von Lichterscheinungen am Osthimmel, wahrgenommen.

Auf diesen von der Erdbebenforschung bisher übersehenen oder vernachlässigten Komplex von Erscheinungen, die Lichtphänomene während eines Erdbebens, macht Dr. J. Galli in einer umfangreichen Arbeit*) aufmerksam. Er führt 148 Beispiele von leuchtenden oder anderen seltsamen Erscheinungen an, die genau oder ungefähr zur Zeit von Erderschütterungen aufgetreten sind, teilt sie in zwölf Klassen und fügt noch eine Anzahl Fälle an, in denen die Beben von Dampf, Rauch und Schwefel- oder Erdpechgestank begleitet waren. Wenn auch den Erdbebenforschern bekannt war, daß Nordlichter, Feuerbälle, Glimmlichter am Himmel, aus dem Boden kommende Licht- und Gasausströmungen als Begleiterscheinungen von Erdbeben aufgetreten sein sollen, so ist hier doch zum erstenmal eine große Sammlung von Beispielen für solche Phänomene zusammengebracht worden.

Der englische Forscher John Milne, der sich während vieler Jahre auch mit der Beobachtung und Erforschung derartiger Erscheinungen beschäftigt hat, bestätigt es als unzweifelhafte Tatsache, daß man zur Zeit gewisser großer Erdbeben, z. B. desjenigen, das im Jahre 1906 Valparaiso zerstörte, merkwürdige Lichterscheinungen auf den Hügeln der Epizentralgegend des Erdbebens spielend gesehen hat. Er stellte auch Versuche an, die bewiesen, daß zur Zeit eines großen Erdbebens nicht



Tektonische Skizze des südwestlichen Deutschlands.

nur die von den Seismographen aufgezeichneten, sondern gleichzeitig auch andere Energieübertragungen, und zwar wahrscheinlich elektrischer Natur, stattfinden.

Dr. Galli hat seine 148 genauen Tatsachenbeschreibungen als Grundlage für 26 Untersuchungen benutzt. Sechzehn von diesen halten der Prüfung stand und sind zweifellose Beweise dafür, daß Leuchten, Gewitter, Meteore, leuchtende Wolken, heiße Dämpfe und ähnliche Erscheinungen gewisse Erdbeben begleiten bezw. vor oder nach ihnen auftreten. Andere Fälle bedürfen noch der Bestätigung durch fernere Beobachtungen. Über die Gründe solcher Erscheinungen lassen sich vorläufig nur Vermutungen aufstellen. Wenn eine Felsfläche von hundert oder mehr Quadratmeilen mit einem Ruck über eine andere Fläche von gleicher Ausdehnung geschoben wird, so erscheint die Annahme nicht ungerechtfertigt, daß solch ein Ausgleich in der Lage von leuchtenden oder anderen Phänomenen begleitet wird.

Außer den großen Erderschütterungen, welche häufig so stark sind, daß sie die Erdbebeninstrumente, die Seismographen, außer Tätigkeit setzen, verraten die Seismogramme eine fortdauernde Reihe

*) Bollett. d. Societa Sismologica Ital. vol. XII, Nr. 6 bis 8. Referat in Nature vol. 87, Nr. 2175.

schwächerer Erdrindebewegungen, die den Menschen körperlich gewöhnlich gar nicht berühren und als pulsatorische Oszillationen der Erdrinde bezeichnet werden. Über ihr Wesen und ihre Ursachen sind neuerdings einige Untersuchungen angestellt worden.

Dr. S. Szirtes*) bezeichnet als pulsatorische Oszillationen, früher mikroseismische Unruhe genannt, die Schwingungen des Erdbodens von verschiedenen Perioden und wechselnder Ausschlagsweite (Amplitude), welche oft tagelang anhalten. Von den Erdbebenstörungen, die von den Apparaten aufgezeichnet werden, unterscheiden sich die Pulsationen durch die zur Normallage symmetrisch liegenden Schwingungen. Nach der Größe der Periode lassen sich verschiedene Typen unterscheiden.

Zum ersten Typus gehören die, deren mittlere Periode sich auf 4·5 Sekunden beläuft; sie sind am allgemeinsten verbreitet und bestehen aus kurz aufeinanderfolgenden Stößen von geringer Stärke. Ihre Maximalamplitude ist 0·2 Mikromillimeter (tausendstel Millimeter, μ) gleichzustellen. Der zweite Typus hat eine durchschnittliche Schwingungsperiode von 7·5 Sekunden und eine auf 0·8—1·5, ja manchmal bis auf 3·5 μ ansteigende Maximalamplitude. Die dritte Art besteht im Gegensatz zu den beiden ersten aus unregelmäßigen Bodenbewegungen mit stark wechselnder Periode (20—45 Sek.) und Amplitude (3 bis 10 μ). Ihre Verbreitung ist beschränkt, einige Seismographen registrieren sie überhaupt nicht. Die vierte Art, die sogen. Pulsationen, haben eine lange Periode und werden in ihrer Ausbildung weder von Erdbeben noch von den drei anderen Arten der pulsatorischen Oszillationen gestört.

Die Häufigkeit der regelmäßigen pulsatorischen Oszillationen (1 und 2) ist von den Jahreszeiten abhängig. Im allgemeinen läßt sich behaupten, daß das Maximum ihrer Häufigkeit in die Wintermonate fällt. Fragen wir nach ihrer Ursache, so ist vorweg zu sagen, daß es sich nach den Ergebnissen der neueren Erdbebenforschung um eine tellurische Erscheinung handelt, die ein universales Vorkommen besitzt, d. h. überall auftreten kann, aber nicht auf der ganzen Erde gleichzeitig, wie sich gewisse Erdbebenwellen über die ganze Erde hin fortpflanzen. Die charakteristischen Merkmale der pulsatorischen Oszillationen legten von Anfang an die Mutmaßung nahe, daß ihr Auftreten mit bestimmten meteorologischen Faktoren in Verbindung zu bringen sei. Da sie auch in solchen Observatorien registriert werden, deren Innenraum auf einer ständig gleichmäßigen Temperatur gehalten wird, so können lokale Temperaturschwankungen nicht die Ursache sein. Ebensowenig kommen der Luftdruck und der lokale Wind in Betracht, letzterer wenigstens nur, wenn er geeignet ist, einen gegen die Küste gerichteten Seegang hervorzurufen. Wenn demgemäß von einigen Forschern angenommen wird, daß die rhythmischen Bewegungen der von der Brandung getroffenen Meeresküste diese Pulsationen erzeugen, so weist doch Dr. Szirtes diese Annahme zurück, und zwar mit Berufung

*) Naturw. Wochenschr., Bd. 9, Nr. 33.

auf die allzu geringe Kraft dieser Erschütterung, auf das nach seinem elastischen Verhalten so überaus verschiedene Gesteinsmaterial der obersten Erdrindeschichten und auf die große Zahl der nach allen Richtungen hin gehenden Verwerfungen, welche die Energie der Wellenstöße bald vernichten müssen.

Den richtigen Weg zur Erklärung scheint der Japaner Omori gefunden zu haben, indem er nachwies, daß das Herannahen von tiefen barometrischen Depressionen stets durch ausgesprochene pulsatorische Oszillationen angezeigt wird. Daneben ist bestimmend die geologische Beschaffenheit des Untergrundes der Stationen und ihrer weiteren Umgebung, aus der sich die großen Unterschiede der Einwirkungen einer und derselben Depression auf benachbarte Stationen erklären. Somit können wir uns die Beziehungen zwischen Luftdruck und pulsatorischer Oszillation folgendermaßen vorstellen:

Bei normalem Luftdruck steht die Erdrinde in einem bestimmten Niveau und unter bestimmtem Drucke. Sobald Veränderungen in den Luftdruckverhältnissen größerer einander benachbarter Gebiete eintreten, wird das Niveau der Erdrinde je nachdem eine Deformation erleiden. Liegt z. B. über Nordeuropa eine tiefe Depression, während gleichzeitig über den Alpen ein hoher Luftdruck herrscht, so wird die Erdrinde im ersteren Gebiete infolge der Entlastung bestrebt sein sich zu heben, in dem anderen wird sie deprimiert werden. Die der festen Erdrinde als solcher eigentümlichen Spannungen werden jedoch zur Folge haben, daß die Massen der Rinde in ihr Niveau zurückzukehren bestrebt sind; dadurch entsteht eine schwingende Bewegung der Erdrindenteile um ihre ursprüngliche Niveaulage. Diese Schwingungen äußern sich im lockeren Boden stärker als in festem Gestein. Auch das periodische Auftreten der Bodenunruhe findet hiedurch seine Erklärung. Es liegt in den Verhältnissen Mitteleuropas, daß die Depressionen hauptsächlich in der Winterhälfte des Jahres auf den bekannten Zugstraßen über Europa hinziehen. Der Winter ist aber auch gleichzeitig die Zeit der größten Bodenunruhen, während im Sommer die pulsatorischen Oszillationen so gut wie ganz fehlen.

Einen geringen Einfluß gesteht Dr. Szirtes auch dem Anprall der Meereswogen gegen die Küste zu. Dr. Gutenberg,*) der die Seismogramme zahlreicher Stationen genau studiert hat, unterscheidet Bodenbewegungen, die durch lokale Einflüsse (Verkehr, örtlich beschränkte Brandung, lokalen Sturm, hohen Seestand) bedingt sind, und solche mit fernliegender Ursache. Unter letztere gehören die Brandungen an Steilküsten; sie kommen in Deutschland vorwiegend von der Brandung in Südnorwegen, die regelmäßige Bewegungen mit einer Periodendauer von drei bis zehn Sekunden erzeugt. Auch der Wind in entfernteren Gegenden erzeugt unregelmäßige Schwingungen von etwa 30 Sekunden Dauer, und endlich soll der Frost in entfernten Landstrichen, für Deutschland der in Südwesteuropa auftretende, einen Teil der sogen. „Pulsationen" hervorrufen.

*) Phys. Zeitschr. Jahrg. XI, Nr. 23.



Ausflußstelle der Lava in die See. Im Vordergrunde die von der Lava gebildete Steilküste. Oben darauf ein Samoaner als Maßstab.

Die vulkanischen Erregungen des Jahres 1911 haben sich überall in mäßigen Grenzen gehalten. Die im zweiten Drittel des September erfolgten *Ausbrüche des Ätna*, die von heftigen Erdbeben, donnernden Eruptionen, starken Ergüssen von Lava, Aschen- und Lapilliregen begleitet waren, haben zwar eine Menge neuer kleiner Ausbruchsöffnungen — es sollen gegen drei Dutzend sein — geschaffen, aber keinen größeren Umfang angenommen.

Der Matawanu.

Mit einem interessanten Vulkan riesigen Umfanges, aber anderen Typus als der Ätna macht uns eine Arbeit von Dr. Kurt *Wegener**) bekannt: *Der Matawanu und sein Feuersee*. Es handelt sich um den auf der deutschen Samoainsel Savaii 1905 entstandenen neuen Vulkan Matawanu, d. h. Blick auf das Tal, weil dort, wo heute der Feuersee seine Lavamassen kocht, von steilem Rastort aus, der samoanische Jäger ins Tal hinab zu blicken pflegte.

Nicht aber der Matawanu ist der Vulkan, ihm kommt nur der Rang einer Ausbruchsöffnung zu, sondern die ganze Insel Savaii stellt einen einzigen großen Vulkan dar und ist von einem Herde aufgebaut. Diesem mächtigen Lavaschild sind allenthalben, besonders aber im mittleren Teil, kleine Kraterkuppen, die Durchbruchsstellen der Lava durch ihren Panzer, aufgesetzt, mit steilen Wänden von 50 bis 100, höchstens bis 400 Metern sich erhebend und oben einen Kreis von 300 bis 1000 Metern Durchmesser bildend.

Aus der im August 1905 in der Nähe mehrerer älterer Krater entstandenen Ausbruchsstelle wurden anfangs Steine und Lavabrocken in die Höhe geschleudert; bald hörte diese explosive Tätigkeit auf, und nun floß zähe Lava in größerer Menge aus, die 1906 in schmalem Strome bis in die Nähe der Küste kam. 1907 und 1908 erfolgte eine große Lavaaufschichtung, die etwa 30 Quadratkilometer Land unter einer 5—10 Meter dicken Steinkruste begrub und sich bis an die See vorschob. Während bis 1908 die Lavadecke sich so zähflüssig fortwälzte, hat der Vulkan im genannten Jahre seinen Charakter wieder geändert: die Lava fließt jetzt in einem dünnen Bach, aber mit der Geschwindigkeit von etwa 4 Metern in der Sekunde, in die See. Das ward erst möglich, nachdem sich aus dem Krater ein *Lavasee* gebildet hatte — der *einzige auf der Erde*, außer dem fast erloschenen



Unterseeischer Austritt der Lava unter Explosionen. Die schwarzen Punkte in dem Dampf sind Lavastückchen.

*) Die Umschau, 1911, Nr. 22.

Kilauea auf der fast gleichnamigen Insel Hawaii (Sandwich-Archipel). In diesem Lavasee werden die gashaltigen flüssigen Gesteine sich bei Druckverringerung (infolge Aufsteigens) und Abkühlung stärker ausdehnen als die gasarmen und daher in die Höhe schnellen. So entstehen immerfort und überall aus dem See emporspringende Lavafontänen. Die früher zähflüssige Lava wird dünnflüssig, verläßt den See nach Norden zu, fließt als unterirdischer Bach in den zahlreichen Spalten und Höhlen des Lavafeldes den Berg hinab dem Meere zu und ergießt sich unter mächtiger Dampfentwicklung in die See, und zwar an mehreren Stellen, an einer unterseeisch unter Explosionen. Das Wasser wird von ihr stark erhitzt.

Über die Schwierigkeiten, die sich der Beobachtung und richtigen Erkenntnis der vulkanischen Erscheinungen entgegenstellen, äußert sich Dr. J. Friedlaender in Neapel.*) Er gibt zu, daß unsere Kenntnis des morphologischen Baues der Vulkane und der petrographischen Zusammensetzung der vulkanischen Gesteine ziemlich weit vorgeschritten ist. Vollkommen dunkel sind aber noch die physikalischen und chemischen Erscheinungen der Ausbrüche und alle dynamischen Fragen, die mit dem Vulkanismus zusammenhängen. Zur eindringenden Untersuchung und endgültigen Lösung solcher Aufgaben ist der einzelne Forscher weder physisch noch finanziell befähigt, wie Friedlaender an einigen Tatsachen kurz erläutert.

1. Durch viele gelegentliche Beobachtungen ist bekannt, daß sowohl im Stadium der Ruhe als auch ganz besonders vor einer Eruption und noch in erhöhtem Maße während des Ausbruchs beim Vesuv Erdstöße auftreten. In vereinzelten Fällen sind sie vielfach beobachtet worden, aber es existiert kein vollständiger Bericht über sämtliche Erdstöße während einer Ruhezeit und der folgenden Eruptionsperiode. Einen vollständigen Bericht der Art könnte man nur haben, wenn eine seismologische Station mit guten Instrumenten und den nötigen wissenschaftlichen Beobachtern längere Zeit ununterbrochen funktionierte. Das ist trotz des bestehenden Vesuvobservatoriums bisher nie der Fall gewesen.

2. Bekanntlich gibt der Vesuv wie andere Vulkane auch im Stadium der Ruhe Gase von sich, Gase spielen auch beim Ausbruch eine große Rolle, und ihre Menge, ihre Art und ihre Temperatur ändern sich sowohl während der Ruhe als auch während und nach der Eruption. Eine vollständige Beobachtungsreihe über diese Verhältnisse existiert nicht, ja man hat sogar neuerdings bezweifelt, ob der Wasserdampf bei den Eruptionen eine große Rolle spielt (siehe Jahrb. VIII, S. 68), was doch seit den Zeiten der griechischen Philosophen, also beinahe zwei Jahrtausende, unbestritten war. Jetzt behauptet A. Brun in Genf, daß es Wasserdampf bei Vulkanen nur dann gebe, wenn das Regenwasser in Berührung mit dem heißen Gestein komme und dann wieder verdampfe, und daß es bei den Explosionen selbst gar keine Rolle spiele. Es ist beschämend, demgegenüber zugeben zu müssen, daß Untersuchungen über diese Frage in irgendwie ausreichender Form bisher kaum angestellt wurden. Wenn man eine große Rauchwolke sah, so sagte man ohne weiteres, daß dies Wasserdampf sein müsse, und wenn es nachher regnete, so hielt man den Regen für den kondensierten vulkanischen Wasserdampf. Daß der aufsteigende Luftstrom bei einer Eruption aber eine Menge stark wasserdampfhaltiger Luft in größere Höhen mit fortreißen kann und ähnlich wie ein Dampfinjektor wirkend immer wieder seitlich ansaugt, muß dazu führen, daß der Wasserdampf der Luft in größere Höhen und in niedere Temperatur kommt, wo er dann Gelegenheit findet, sich an dem vulkanischen Staube zu kondensieren und als Regen niederzufallen. Wir haben also, selbst wenn ein Platzregen auf den Ausbruch folgt, keinen Beweis für die Anwesenheit vulkanischen Wasserdampfes. Trotzdem will es Friedlaender scheinen, als ob Albert Brun in seiner Bestreitung des Wasserdampfauswurfes bei vulkanischen Eruptionen doch unrecht hat, und daß die enormen Wasser- und Regenmengen, die nach den Ausbrüchen oft niedergehen, doch aus der Tiefe kommendes Wasser sind. Ohne genaue Beobachtungen und Gasanalysen wird sich diese Frage kaum entscheiden lassen. Diese Gasanalysen, auf deren Wichtigkeit Brun hingewiesen hat, müßten aber nicht nur, wie das seinerseits geschehen ist, an den in den Gesteinen eingeschlossenen Gasen vorgenommen werden; man müßte auch versuchen, die Eruptionsgase direkt während eines Ausbruchs zu entnehmen. Dazu müßte man selbstverständlich schon bei Beginn der Eruption oder vorher geeignete Leitungen aus Tonröhren oder ähnliches einrichten, da der Beobachter selbst meistens nicht nahe genug heran kann.

3. Temperaturmessungen hat man häufig an einzelnen Fumarolen angestellt, dabei aber die Instrumente, selbst wenn es sich um ein und dieselbe Fumarole handelt, wohl nie an dieselbe Stelle gebracht. Wir besitzen keine vollständige Temperaturkurve, die auf genauer Beobachtung einer Fumarole während längerer Zeit beruht. Wie wichtig das wäre, geht daraus hervor, daß nach gelegentlichen Beobachtungen des Amerikaners Frank A. Perret ein allmähliches Ansteigen der Temperatur an der größten Fumarole am Nordabhang des Vesuvs stattzufinden scheint und wahrscheinlich auf den baldigen Wiederbeginn der Eruptionstätigkeit des Vesuvs hindeutet. Es sieht so aus, als ob der Beginn der Eruptionstätigkeit im Laufe des Jahres 1911 stattfinden werde.

Da diese und ähnliche Aufgaben von einem einzelnen Gelehrten nie gelöst werden können, so schlägt Friedlaender*) zu dem Zwecke die Errichtung eines Instituts vor, das über mannigfache Instrumente, über seismologische Stationen und verschiedenartige physikalisch-chemische Laboratorien verfügen müsse. Er bringt Neapel als Ort dieses „Internationalen Vulkaninstituts" in Vorschlag, wie er das schon gelegentlich des letzten Geologen-

---

*) Naturw. Wochenschr., Bd. IX (1910), Nr. 50.

*) Dr. Friedlaender, Napoli, Vomero, Villa Hertha hat die Gründung eines internationalen Vereines vorgeschlagen, für den er Beiträge entgegennimmt, da bisher noch keine andere Organisation besteht. Anfang 1912 müßten genügende Mittel gezeichnet sein.

kongresses in Stockholm getan hat, begründet diesen Vorschlag und stellt ein vorläufiges Programm dessen auf, was getan werden müsse. Von Neapel aus wären auch der Inselvulkan Stromboli und die phlegräischen Vulkane bequem in den Kreis der ständigen Beobachtung einzubeziehen. Kleinere transportable Seismographen könnten erforderlichenfalls bis zum Rande des Kraters vorgerückt werden.

Energien und Stoffe.

(Chemie, Physik und Mineralogie.)

Das Rätsel der Elemente * Radioaktive Probleme * Elektrizität, Äther und Materie * Aus der Chemie.

Das Rätsel der Elemente.

„Wer sie nicht kennte, die Elemente, wäre kein Meister über die Geister!" — so konnte voll triumphierenden Gefühls wohl der geisterbannende Alchymist ausrufen, der ihrer nur vier zu kennen und zu beherrschen brauchte; der moderne Physiker ist bescheidener geworden und muß gestehen, daß er erst am Anfang solcher Erkenntnis steht, das große Licht erst in der Ferne aufdämmern sieht. Aber die Hoffnung, diese Erkenntnis einst in vollerem Maße zu besitzen als das selbstgenügsame Mittelalter, leuchtet aus allen Arbeiten, welche sich um das Geheimnis der modernen Elemente bemühen.

In einem Aufsatze über „Radioaktivität als allgemeine Eigenschaft der Körper" weist Theod. Wulf*) auf einen Punkt hin, der hiefür von Bedeutung zu sein scheint und schon von Rutherford als solcher erkannt und ganz kurz beleuchtet ist.

Wenn man, wie die Umwandlung von Radium in Helium es nahelegt (siehe Jahrb. VIII, S. 91), die Annahme macht, daß alle Stoffe des periodischen Systems der Elemente aus den Stoffen mit dem höchsten Atomgewicht durch Zerfall entstanden sind, so folgt, daß es eine große Anzahl von Elementen geben muß, deren Atomgewicht um 4 oder ein Vielfaches von 4 voneinander abstehen. Ein ganz oberflächlicher Blick auf eine Tabelle der Atomgewichte zeigt schon, daß dies tatsächlich der Fall ist. Die Zahlen 12, 16, 20, 24, 28, 32 (für die Elemente C, O, Ne, Mg, Si und S) und wieder 19, 23, 27, 31 (Atomgewichte von F, Na, Al, P) gehören alle bekannten Elemente an. Da hier offenbar schon zwei Reihen ineinander greifen, so muß man systematisch vorgehen, um keine Reihe zu übersehen. Wenn man sämtliche Atomgewichtszahlen durch 4 dividiert, so können sich die Quotienten der Zahlen, die um (nahezu) 4 Einheiten voneinander abstehen, nur in den ganzen Zahlen unterscheiden, während die Dezimalstellen (nahezu) dieselben sein müssen.

Ordnet man daher diese Quotienten unter Vernachlässigung der ganzen Zahlen nach der ersten Dezimalstelle, so stehen die Stoffe, deren Atomgewichte um 4 oder ein Vielfaches von 4 voneinander entfernt sind, in derselben Klasse beisammen. Bei einer regellosen Verteilung der Atomgewichtszahlen müßten diese Klassen sämtlich nahezu dieselbe Anzahl Glieder enthalten.

Unter Zugrundelegung der für 1911 gültigen Atomgewichtszahlen*) wurde die Rechnung für alle Stoffe durchgeführt. Da jedoch die höheren Atomgewichte vielfach noch ungenau bestimmt sind, während die Methode umgekehrt für die höheren Atomgewichte eine größere prozentische Genauigkeit voraussetzte, so kann das Ergebnis nicht nach der Genauigkeit beurteilt werden, mit der es für die Elemente mit höherem Atomgewicht zutrifft. Die Ergebnisse sind deshalb getrennt aufgeführt, zuerst für die im allgemeinen gut bestimmten 25 leichtesten Stoffe des periodischen Systems und dann für die übrigen 57. Die Zahl der Stoffe in den einzelnen Dezimalklassen war folgende:

Als erste Dezimale haben	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v. d. 25 ersten Elementen	11	0	2	0	0	1	0	9	1	1
v. d. 57 übrigen.	9	7	3	6	2	3	6	11	6	4
von allen Elem.	20	7	5	6	2	4	6	20	7	5

Beachtet man zunächst die erste Zahlenreihe, so haben wir es hier zweifellos mit einer Gesetzmäßigkeit zu tun. Denn unter den ersten 25 Elementen sind 11, deren erste Dezimale 0 ist, deren Atomgewicht also die Form $4 \cdot n$ hat. Außerdem findet sich noch eine zweite Reihe von Elementen, die wieder um 4 oder ein Vielfaches von 4 voneinander abstehen. Ihre Dezimalen sind genau betrachtet 0·75, daher hat das Atomgewicht dieser Stoffe die Form $4(n + 0{\cdot}75) = 4n + 3$, oder, was auf dasselbe hinausläuft, $4n - 1$. Die übrigen acht Dezimalstellen sind insgesamt nur mit fünf Stoffen besetzt. Dieses Ergebnis wird durch die übrigen 57 Stoffe durchaus bestätigt, wenn auch aus dem angegebenen Grunde (vielfach wenig genaue Bestimmung ihrer Atomgewichte) das Resultat hier nicht so auffallend hervortritt wie bei den ersten Elementen. Eine dritte Reihe außer den zwei erwähnten zeigt sich nicht.

Wenn man daher versucht, das ganze System der Elemente durch die zwei Reihen $4n$ und $4n - 1$

*) Physikal. Zeitschr., 12. Jahrg. (1911), Nr. 12.

*) Für Helium wurde die einfachere Zahl 4 statt 3·99 genommen und für die Radiumemanation der Wert 225 hinzugefügt.

darzustellen, so gelingt das in der Tat. Auch die seltenen Erden, die im periodischen System nicht recht unterzubringen sind, fügen sich ohne besonderen Zwang in das Schema ein. Der Wasserstoff liegt auch hier, wie im periodischen System, ganz außerhalb. Die erste Zahl 3 des Systems ist unbesetzt; bekanntlich hat schon Mendelejeff ein Element mit dem Atomgewicht 3 vermutet. Für Beryllium und Stickstoff ist zwar ein Platz in dem Schema vorhanden, sie weichen aber von dem Sollwert um eine ganze Einheit ab. Bei den Stoffen mit größeren Atomgewichten sind meist Abweichungen zu bemerken, die aber im allgemeinen nicht größer sind, als die Unsicherheit der Atomgewichtsbestimmung erwarten läßt. Eine Tabelle der Atomgewichte, wie sie sich an die Formeln $4n$ und $4n-1$ am vollkommensten anschließen würden, zeigt der Anhang 3.

Den Kern des Vorstehenden faßt Wulf in folgende Sätze zusammen:

1. Durch die Untersuchungen über die Radioaktivität ist so gut wie sicher nachgewiesen, daß die Stoffe, besonders der Uran-, Radium- und der Thoriumfamilie, sowie einige andere, durch Abschleudern eines oder mehrerer α-Teilchen vom Atomgewicht 4 zerfallen, indem sie dabei selbst in einen Stoff mit einem um 4 Einheiten leichteren Atomgewicht übergehen.

2. Das ganze System der zurzeit bekannten Elemente läßt sich mit einer Annäherung, die unmöglich zufällig sein kann, einordnen in zwei Reihen von Stoffen, deren einzelne Glieder jedesmal um 4 Einheiten oder ein Vielfaches von 4 voneinander entfernt stehen. Den Anfang dieser Reihen bildet das Helium mit dem Atomgewicht 4 und den Schluß bilden die radioaktiven Stoffe mit ihren Zerfallsprodukten, und zwar wahrscheinlich U—Ra für die Reihe $4n-1$, Thorium für die Reihe $4n$.

Diese zwei Tatsachen zusammengehalten sprechen dafür, daß die Erscheinungen der Radioaktivität nicht auf einige Stoffe beschränkt sind, sondern daß unser ganzes Elementensystem durch Atomzerfall aus den schwersten Elementen entstanden ist. Mit der Annahme, daß alle Stoffe durch radioaktiven Zerfall der schwereren entstanden sind, bekommt unser ganzes Stoffsystem eine vollkommene Einheitlichkeit; die bisher unerklärliche Tatsache, daß viele Stoffe sich um das Gewicht eines Heliumatoms voneinander unterscheiden, wird befriedigend erklärt. Die verschiedene Häufigkeit des Vorkommens der verschiedenen Elemente erscheint nun als eine Folge ihrer verschiedenen „Lebensdauer".

Endlich würde aus dieser Auffassung folgen, daß das Heliumatom in unserer ganzen Körperwelt eine ganz hervorragende Rolle spielt, daß es der Baustein ist, aus dem alle Stoffe wenigstens vorzugsweise aufgebaut sind. Denn wenn stets (?) ein Heliumatom abgetrennt wird, so müssen dessen einzelne Teile fester zusammenhaften als die ganzen Heliumatome mit der übrigen Masse des zerfallenden Atoms. Ob irgendwo ein Übergang aus einer der großen Klassen in die andere stattfindet (was durch Abschleudern eines Wasserstoff-, aber auch eines Lithiumatoms geschehen könnte, vielleicht auch noch auf andere Weise), entzieht sich bis jetzt völlig unserer Kenntnis.

Das periodische System der Elemente und die Einordnung der Radioelemente in dieses System ist auch der Gegenstand einer Arbeit von A. van den Broek;*) es handelt sich dabei um eine Darstellung dieses Systems, welche man die „kubische" nennen kann und welche auch schon Mendelejeff, der Schöpfer des periodischen Systems, vorausgesehen und zu konstruieren versucht hat. Das gewöhnliche periodische System ist ein ebenes, es zeigt die Elemente in horizontalen und vertikalen Reihen, tut aber dem Periodizitätsgedanken an einigen Stellen Gewalt an. Beim kubisch geordneten System tritt zu der Horizontal- und der Vertikalreihe noch eine Anordnung je dreier Elemente von vorn nach hinten, so daß sich das im Anhang unter Tabelle 4 dargestellte Bild ergibt.

In diesem kubischen System lassen sich, im Gegensatz zum jetzigen, folgende Gesetzmäßigkeiten erkennen:

1. Konstante Größe beider Perioden.

2. Eine bestimmte Anzahl der möglichen Elemente bis inklusive Uran.

3. Bestimmte mittlere Differenz zwischen den benachbarten Elementen.

4. Die Zusammenstellung von Na, Cu, Ag, Au in einer Vertikalreihe wird vermieden.

5. Bestimmte theoretische Atomgewichte, mit denen die wirklichen Differenzen aufweisen, die periodische Differenzen der Atomgewichte sind.

6. Die Summe aller dieser Differenzen zwischen theoretischen und wirklichen Atomgewichten mit Berücksichtigung des Vorzeichens genommen, ist von Null kaum verschieden und jedenfalls kleiner als 1 vom Hundert dieser Summen.

7. Die von Lothar Meyer gegebene Kurve der Schmelzpunkte bekommt nach diesem System einen regelmäßigen Verlauf.

8. Die mittlere Differenz ist genau zwei Atomgewichtseinheiten; alle theoretischen Atomgewichte sind gerade Vielfache von dem des Wasserstoffatoms.

9. Ein α-Teilchen oder Heliumatom hat ein Atomgewicht genau gleich der doppelten mittleren Differenz (2·2). Alle wirklichen Differenzen zwischen Radioelementen, von denen eines aus dem anderen durch Ausstoßung eines α-Teilchens entstanden ist, sind doppelte theoretische mittlere Differenzen.

10. Alle α-strahlenden Radioelemente der Uran- und Thoriumreihe können in die letzte große Periode aufgenommen werden und füllen genau alle dort vorhandenen Lücken; ebenso die der Aktiniumreihe und die neuen seltenen Erden in die vorletzte große Periode. Damit wäre u. a. bewiesen, daß nicht alle jetzt als Elemente angesehenen Zerfallsprodukte zum System gehören können.

Hinsichtlich der weiteren Ausführung dieser Punkte muß auf die Arbeit van den Broek selbst verwiesen werden, wo sich außer der hier im Anhang gegebenen auch eine möglichst vollständige Darstellung des periodischen Systems mit Einord-

*) Physik. Zeitschr., 12. Jahrg. 1911, Nr. 12.

nung der Radioelemente, der seltenen Erden und Anführung der theoretischen und wirklichen Atomgewichte findet; der Vergleich der beiden Gewichte hier und in der als Anhang 3 gegebenen Th. Wulfschen Tabelle zeigt, daß die Differenzen zwischen theoretischem und wirklichem Atomgewicht bei van den Broek vielfach weit größer sind als bei Wulf. Es wird also das Vorhandensein der beiden Reihen $4n - 1$ und $4n$ bei Wulf durch van den Broek nicht widerlegt.

Die große Bedeutung peinlich genauer Messung für die Erkenntnis der grundlegenden Eigenschaften der Elemente erläutert in seiner Faraday-Vorlesung der englische Physiker Th. W. Richards.*) Unter denjenigen Eigenschaften der chemischen Elemente, die exakter Messung würdig sind, stehen an erster Stelle vielleicht die Atomgewichte. Sie sind auf Richards Veranlassung mittels von ihm verbesserter Methoden in Harvard geprüft und bisher in 30 Fällen neu bestimmt worden. Es liegt die Wahrscheinlichkeit vor, daß die Atomgewichte durch genaue mathematische Gleichungen wiedergegeben werden können, aber die exakte Art dieser Beziehungen konnte bisher nicht sicher festgestllt werden und wird wahrscheinlich nicht eher zu Tage treten, als bis viele Atomgewichte mit größter Genauigkeit bestimmt sind.

Neben dem Gewichte eines Elements scheint sein Volumen, obwohl veränderlich, von fast gleicher Wichtigkeit zu sein, und hier scheint Richards eine wichtige Entdeckung gemacht zu haben. Während die meisten physikalischen Chemiker alle Volumänderungen als Änderungen des leeren Raumes zwischen den Molekülen betrachten, wirft Richards die Frage auf, ob es überhaupt solche leeren Räume in festen Körpern und Flüssigkeiten gibt. Er zeigt, daß feste Körper sich nicht so verhalten, als ob ihre Atome weit voneinander entfernt seien; denn eine ganze Reihe fester Körper hat sich als nicht porös erwiesen, und in den Fällen, wo kompakte, starre Körper für andere Stoffe sich als durchlässig gezeigt haben, vermögen diese mit jenen vermutlich zu reagieren, d. h. chemisch auf sie einzuwirken. Ferner muß Palladium bei der Okklusion**) des Wasserstoffes sein Volumen ausdehnen, um Platz zu gewinnen für diese kleine Vermehrung seiner Substanz. In allen solchen Fällen erweist sich die sogenannte Einflußsphäre des Atoms als die wirkliche Grenze, an der wir das Atom erkennen und sein Verhalten messen, weshalb wir diese Einflußsphäre auch besser als die tatsächliche Größe des Atoms anerkennen. Die einfachste Vorstellung wäre also die, daß die Zwischenräume zwischen den Atomen in festen Körpern und Flüssigkeiten im Verhältnis zur Größe der Atome selbst sehr klein, falls überhaupt vorhanden, sind.

Eine Untersuchung von Grüneisen hat gezeigt, daß die Zusammendrückbarkeit von Aluminium, Eisen, Kupfer, Silber und Platin zwischen Zimmerwärme und Temperatur der flüssigen Luft (−193°) nur um 7 Prozent abnimmt. Bis zum absoluten Nullpunkte kann also nur noch eine sehr geringe weitere Abnahme stattfinden. Vermutlich sind also die Schwermetalle beim absoluten Nullpunkte (−273°) fast ebenso zusammendrückbar wie bei Zimmertemperatur. Da nach allgemeiner Annahme beim absoluten Nullpunkte keine Wärmebewegung mehr stattfindet, muß die übrigbleibende Zusammendrückbarkeit notwendigerweise den Atomen selbst zugeschrieben werden.

Wie wäre alsdann aber eine Wärmebewegung der Körper im festen und flüssigen Zustand möglich? Können dichtgepackte Moleküle Schwingungen ausführen? Die Zusammendrückbarkeit der Atome beantwortet diese Frage von selbst. Sind nämlich die Atome durch ihre ganze Masse hindurch zusammendrückbar, so vermögen sie in sich selbst zu vibrieren auch dann, wenn ihre Oberfläche sich zu bewegen verhindert ist. Die alte Ansicht von den kleinen, harten, weit voneinander entfernten Partikeln ist willkürlicher als die neue Annahme dicht gelagerter, aber in sich elastischer Moleküle. Die Richtigkeit seiner Theorie beweist Richards durch verschiedene Überlegungen und Versuche. Eine der ersteren war folgende: Die Volumänderung, die man bei der Bildung von chemischen Verbindungen, z. B. von Oxyden, Chloriden und Bromiden, beobachtet, hängt jedenfalls nicht allein von der größeren chemischen Verwandtschaft oder Affinität ab,*) sondern u. a. auch von der Zusammendrückbarkeit der fraglichen Substanzen. Je größer die letztere ist, desto größer wird auch die durch den gleichen Affinitätsdruck bei verschiedenen Stoffen verursachte Volumänderung sein. Auf Grund dieser Überlegungen angestellte Versuche mit 35 Elementen und vielen einfachen Verbindungen ergaben tatsächlich, daß unter sonst gleichen Umständen die Bildung der Verbindung eines stärker zusammendrückbaren Elements von größerer Volumabnahme begleitet war als die Bildung der entsprechenden Verbindung eines weniger zusammendrückbaren; was nach keiner anderen bisherigen Hypothese zu erklären ist.

Die konsequente Durchführung der Idee von der Zusammenpreßbarkeit der Atome läßt eine ungezwungene Erklärung jeder hieher gehörigen Erscheinung zu. Bekanntlich versteht man unter der Valenz oder dem chemischen Wert eines Elementaratoms seine Fähigkeit, eine oder mehrere andere Elementaratome chemisch zu binden oder in einer Verbindung zu verdrängen und zu ersetzen. Manche Atome sind einwertig, indem sie nur ein anderes Atom zu binden vermögen, andere zwei-, drei-, vierwertig, manche sogar verschieden-, z. B. drei- und fünfwertig. Man kann sich nun vorstellen, daß die Absättigung jeder Valenz eines Atoms dort, wo der Affinitätsdruck wirkt, einen Eindruck auf der Atomoberfläche hervorbringt. Je stärker dieser ist, desto stärker muß die Gestaltänderung des Atoms sein. Jede neu sich betätigende Valenz wird die zuvor ausgeübten Affinitäten beeinflussen: wie ein zweiter Druck auf einen Gummiball eine vorher an anderer Stelle vorhandene Beule umformt, so

*) Journ. of the Chem. Soc. vol. 99 (1911).

**) Unter Okklusion versteht man hier die Erscheinung, daß Palladium, das eine Zeit lang in verdünnter Schwefelsäure als negativer Pol einer galvanischen Säule gedient hat, das 936fache seines Rauminhalts an Wasserstoffgas aufnehmen kann, vermutlich durch teilweise chemische Bindung.

*) Die Betätigung einer größeren Affinität ist verbunden mit der größeren Volumabnahme.

wird die Absättigung einer anderen Valenz die von einer vorhergegangenen hervorgerufene Formänderung des Atoms beeinflussen.

Die Theorie Richards' erlaubt, zwischen den wechselnden Eigenschaften der Materie mannigfache Beziehungen herzustellen. Trägt man z. B. in demselben Diagramm die Atomvolumina und die Zusammendrückbarkeiten als Funktionen der Atomgewichte ein, so laufen die beiden darstellenden Linien fast parallel. Zwischen diesen beiden Eigenschaften muß daher eine innere Beziehung vorhanden sein, und die Theorie der Zusammendrückbarkeit der Atome gibt eine einleuchtende Erklärung des Zusammenhanges. Läßt sich doch erwarten, daß die großen Atomvolumina stärker zusammendrückbar sind, da ihre Größe schließen läßt, daß sie unter nicht so großem Drucke stehen wie die kleinen Volumina, und da ein unter geringem Druck befindlicher Stoff wahrscheinlich stärker zusammendrückbar ist. Auch daß die großatomigen und leicht zusammenpreßbaren Elemente leicht schmelzen und leichter flüchtig sind als die mit kleinem Atomvolumen und geringer Kompressibilität, spricht dafür, daß die Kohäsionskraft der großatomigen Elemente geringer ist als die der kleinen.

Radioaktive Probleme.

Die vorstehend nach Richards geschilderte Zusammendrückbarkeit der Atome hat eigentlich für uns, die wir von der radioaktiven Wissenschaft über die Zusammengesetztheit des Atoms und die Möglichkeit seiner Auflösung unterrichtet sind, nichts Überraschendes und Unwahrscheinliches.

Die Atomzerfallstheorie geht bekanntlich von der Annahme aus, daß die Umwandlung von Radium in Radiumemanation in der Weise stattfindet, daß eine bestimmte Anzahl Radiumatome pro Sekunde unter Ausschleuderung je eines α-Partikels zerfällt. Das um ein α-Partikel verminderte Radiumatom ist dann ein Emanationsatom. Durch Rechnung war das Atomgewicht der Radiumemanation auf 222·4 ermittelt worden (Atomgewicht des Radiums = 226·4, das des α-Teilchens, als eines Heliumatoms, = 4, das der Emanation also = 226·4 — 4 = 222·4).

Nachdem verschiedene Versuche, dies Atomgewicht praktisch zu bestimmen, wenig befriedigende Resultate gehabt hatten, haben Gray und Ramsay*) das Problem nach einer neuen Methode vermittels Wägens auf einer ungemein empfindlichen Mikrowage mit einer Empfindlichkeitsgrenze von zwei Milliontel Milligramm, zu lösen versucht. Hiebei ergab sich, daß 1 Liter Emanation 9·727 Gramm wiegt, während 1 Liter Sauerstoff 1·429 Gramm wiegt. Daraus ergab sich das Molekulargewicht der Emanation als 218, ein Wert, der dem theoretisch berechneten so nahe liegt, daß er eine neue experimentelle Stütze der Zerfallstheorie bildet.

Die radioaktiven Eigenschaften der Thoriumreihe, die neben denen des Radiums und seiner Zerfallsprodukte bisher ziemlich in den Hintergrund traten, werden von Dr. Lise Meitner*) einer Betrachtung unterzogen.

Das Thorium ist ein seit langer Zeit bekanntes Element, das nach seinen chemischen Eigenschaften zur Gruppe der seltenen Erden gehört und besonders in der Glühstrumpffabrikation verwendet wird. Es besitzt nächst dem Uran das höchste Atomgewicht (232·4), was auf einen sehr zusammengesetzten Bau seiner Atome schließen läßt. Das Wesen der Radioaktivität ist, daß die Atome der radioaktiven Körper einem ständigen Zerfall unterliegen, der von einer Aussendung von Strahlen begleitet ist; diese Atome sind also instabil. Es wurde nun bald erkannt, daß das Thorium gleich dem Uran den Anfang einer radioaktiven Umwandlungsreihe bildet, und die grundlegenden Erkenntnisse für die weitere Entwicklung der Radioaktivität wurden gerade durch Versuche am Thorium gewonnen.

So fanden Crookes und Becquerel unabhängig voneinander, daß man von Uran durch einfache chemische Prozesse eine sehr geringe Menge Substanz abtrennen kann, welche die gesamte β-Aktivität des Urans enthält, während dieses selbst keine β-Strahlen mehr aussendet. Diese neue Substanz, das Uran X, hatte jedoch nach mehreren Monaten seine Aktivität wieder eingebüßt, während das Uran sie wiedererlangt hatte. Eine vollkommene Erkenntnis dieser Vorgänge und eine Erklärung dafür ergab sich durch ähnliche Feststellungen am Thorium.

Wenn die Lösung eines Thoriumsalzes mit Ammoniak versetzt wurde, um das Thorium auszufällen, so blieb ein großer Teil der Radioaktivität an der Lösung haften, obgleich eine chemische Prüfung ergab, daß sie kein Thorium enthielt. Die zur Trockne eingedampfte Lösung enthielt nach Vertreiben der Ammoniumsalze eine ganz geringe Substanzmenge, die pro Gewichtseinheit mehrere 1000mal so stark aktiv war wie das Ausgangsmaterial, während das mit Ammoniak gefällte Thorium die entsprechende Menge Aktivität verloren hatte. Systematische, über längere Zeit sich erstreckende Messungen der Aktivitätsänderungen an der Fällung (Thorium) und der eingedampften Lösung (Thorium X) ergaben, daß das mit NH_3 (Ammoniak) gefällte Thorium die Hälfte seiner Aktivität in derselben Zeit, rund vier Tagen, wiedergewinnt, während welcher die Strahlung des Thorium X auf die Hälfte abnimmt. Die Tatsache dieses Parallelverlaufes ließ auf einen inneren Zusammenhang der beiden Produkte schließen. Rutherford und Soddy erkannten diesen Zusammenhang und stellten zur Erklärung der beobachteten Tatsachen die Hypothese vom Atomzerfall auf.

Nach dieser Theorie, so darf man jetzt schon sagen, zerfällt von jedem radioaktiven Körper pro Zeiteinheit eine bestimmte Anzahl Atome unter Aussendung von α- oder β-Strahlen in die Atome eines neuen Körpers, der das Umwandlungsprodukt des ersten Körpers bildet. Die Atome des im Ammoniakniederschlage gefällten Thoriums zerfallen in α-Strahlen und Thorium X-Atome. Das Tho-

*) Proceed. of the R. Soc. 1911, Ser. A. vol. 84.

*) Naturw. Rundsch., Jahrg. 26 (1911), Nr. 28.

rium X-Atom verwandelt sich weiter unter Ausschleudern von α-Teilchen in das nächstfolgende Umwandlungsprodukt, das wegen seines gasförmigen Zustands als Thoriumemanation bezeichnet wurde. Letztere zerfällt unter Aussendung von α-Strahlen in den sogen. aktiven Niederschlag, der vier verschiedene, teils α-, teils β-strahlende Produkte umfaßt (Thorium A bis D). Die α-Strahlen sind bekanntlich positiv geladene Heliumatome, die β-Strahlen negative Elektronen, während die stets nur als Begleiterscheinung der β-Strahlen auftretenden γ-Strahlen auch nach Dr. Meitner nicht als selbständige, mit dem Zerfall der Atome unmittelbar verknüpfte Strahlung zu betrachten sind. Heute weiß man, daß es nur zwei ursprünglich radioaktive Elemente gibt, Uran und Thorium; alle anderen radioaktiven Körper sind Umwandlungsprodukte eines dieser beiden, gehören daher entweder zur Uran- oder zur Thoriumreihe.

Die Zeit, in der sich die Hälfte eines radioaktiven Körpers in das nächstfolgende Produkt verwandelt, heißt Halbwertszeit oder Zerfallsperiode. Es beträgt z. B. die Halbwertszeit des Thorium X 3·6 Tage, der Thoriumemanation 54 Sekunden. Schließlich muß die fortdauernde Umwandlung zu einem Produkt führen, das nicht weiter zerfällt, dessen Atome stabil sind und somit einem unserer bekannten chemischen Elemente angehören müssen. Während sich so Uran über das Radium und dessen Zerfallsprodukte in Blei verwandelt, ist das letzte inaktive Produkt der Thoriumreihe gegenwärtig noch völlig unbekannt. Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht der Zerfallsprodukte des Thoriums mit ihren Halbwertszeiten und Strahlenarten:

Thorium	etwa	10000	Mill. Jahre	α-Strahlen
Mesothorium 1	„	5·5	Jahre	
Mesothorium 2	„	6·2	Stunden	β (+ γ) - Strahlen
Radiothorium	„	2	Jahre	α — „
Thorium X	„	3·6	Tage	α und β — „
Thoriummanation	„	54	Sekunden	α „
Thorium A	„	10·6	Stunden	β — „
Thorium B	„	60	Minuten	α — „
Thorium C	„	einige	Sekunden	α — „
Thorium D	„	3·1	Minuten	β (+ γ) — „

In den Thormineralien sind die verschiedenen Zerfallsprodukte miteinander im sogenannten radioaktiven Gleichgewicht, d. h. von jedem Zerfallsprodukt wird pro Zeiteinheit ebenso viel neu erzeugt, wie durch Umwandlung verschwindet. Die vorhandenen Mengen der einzelnen Produkte werden sich daher mit der Zeit nur insoweit ändern, wie sich das Mutterprodukt, das Thorium, ändert, und dieses hat, laut der obigen Tabelle, eine so lange Lebensdauer, daß es praktisch konstant ist. Eine bestimmte Menge Thorium enthält daher im Gleichgewicht mit seinen Zerfallsprodukten eine ganz bestimmte Menge jedes einzelnen Produkts, welche von der Zerfallsperiode des betreffenden Produkts abhängt. Die langsamer zerfallenden Produkte werden in größeren Gewichtsmengen vorhanden sein als die rascher zerfallenden, und zwar genau im Verhältnis der Zerfallsperioden. Für praktische Verwendung kommen natürlich nur radioaktive Produkte in Betracht, die eine Lebensdauer von Jahren besitzen, nach obiger Tabelle also das Mesothorium und das Radiothorium, beide zuerst von O. Hahn entdeckt.

Das von Hahn ausgebildete Verfahren, aus den bis jetzt als wertlos betrachteten Thoriumrückständen starke Mesothoriumpräparate herzustellen, hat es ermöglicht, Mesothoriumpräparate zu erzielen, die bei gleicher Gewichtsmenge eine mehreremal stärkere Strahlungsintensität besitzen als reines Radium. Da das Mesothorium das mit einer Periode von zwei Jahren behaftete Radiothor nachbildet, so nimmt die Aktivität frisch hergestellter Präparate erst zu, erreicht ein Maximum und nimmt dann ab. Die Darstellung des Mesothors macht auch die Gewinnung von Radiothor möglich. Deutschland besitzt kein Ausgangsmaterial für Radium, ist dagegen der größte Thoriumproduzent der Welt und wäre im stande, jährlich eine Menge Mesothorium zu fabrizieren, die etwa 10 Gramm reinen Radiums entsprächen. Deshalb ist die Auffindung des Verfahrens zur fabrikmäßigen Herstellung des Mesothors und Radiothors für Deutschland von speziellem Interesse und Nutzen.

Versuche zur Darstellung des metallischen Radiums sind außer von Curie und Debierne auch von E. Ebler*) gemacht worden, der zur Gewinnung einen verhältnismäßig einfachen Weg einschlug. Stickstoffwasserſäure (N_3H) bildet mit Erdalkalien Salze von der Formel $Me(N_3)_2$, die beim Zersetzen glatt in Metall und Stickstoff zerfallen. Das Salz des Radiums würde sich vermutlich analog verhalten. Da keine reinen Radiumpräparate zur Verfügung standen, konnten nur Gemische von Radium- und Baryumoxyd und ebenso von den Metallen hergestellt werden.

Ein Milligramm eines etwa 9prozentigen Radium- und Baryumoxyds wurde durch einfache chemische Operationen in die stickstoffwasserstoffsauren Salze verwandelt, deren Aktivität gemessen wurde (γ-Strahlung des Radium C). Die Zersetzung wurde bei 180—250° im Vakuum der Quecksilberluftpumpe ausgeführt, wobei sich die Substanz in einer Glaskapillarröhre befand. Nach einigen Stunden schieden sich die Metalle als glänzender Spiegel ab, und die Bestimmung ihrer Aktivität ergab, daß tatsächlich der größte Teil des Radiums, mit Baryum gemischt, in den metallischen Zustand übergegangen war. Auch die Rückverwandlung in das Chlorid gelang ohne Einbuße an Aktivität, es kann also nicht bezweifelt werden, daß Radium tatsächlich ein dem Baryum sehr ähnliches Metall ist.

Die Ergebnisse der neueren Forschungen über die α-Strahlen werden in klarer Fassung von H. Geiger dargestellt.**) Diese Strahlung besteht, wie zuerst Rutherford durch die magnetische und elektrische Ablenkung der Strahlen nachwies, aus positiv geladenen Atomstrahlen. Die α-Strahlen werden von ein und derselben radioaktiven Substanz immer mit derselben Geschwindigkeit ausgeschleudert, z. B. vom Radium C mit der Geschwindigkeit von $2·06 \times 10^9$ Zentimeter in der Sekunde. Die Geschwindigkeit, mit der sie das radioaktive Atom verlassen, kann also geradezu als

*) Berichte der Deutsch. Chemischen Gesellsch., 53. Jahrg. 1910, S. 2610.

**) Physik. Zeitschr., 11. Jahrg. (1910).

Charakteristikum für die betreffende α-Strahlen aussende Substanz dienen. Das Verhältnis von Ladung zur Masse (e/m) ist dagegen für alle α-Strahlen dasselbe, nämlich halb so groß wie beim Wasserstoffion. Das erklärt sich dadurch, daß die α-Teilchen Heliumatome mit doppelter Jonenladung sind. Dies ist nicht nur theoretisch festgestellt, sondern auch direkt erwiesen, und zwar durch den folgenden Versuch von Rutheford und Royds. Sie ließen die α-Strahlen einer beträchtlichen Menge Radiumemanation durch ein dünnwandiges Glasrohr hindurch auf die Wand eines evakuierten (luftleer gemachten) Glasrohres fallen, in dessen Oberflächenschicht sie absorbiert wurden. Ist das α-Teilchen ein Heliumatom, so muß aus dem Glase langsam Helium in den evakuierten Raum übergehen. Durch eine besondere Vorrichtung konnte das so sich sammelnde Gas in ein Kapillarrohr gepreßt und darin der spektroskopischen Untersuchung ausgesetzt werden. Schon zwei Tage nach Beginn des Versuches trat die gelbe Heliumlinie auf, und nach sechs Tagen waren alle kräftigen Heliumlinien sichtbar. Auf eine andere Methode ist in dem vorhergehenden Abschnitt hingewiesen worden.

Die Natur der α-Strahlenteilchen ist dadurch über alle Zweifel erhoben. Die α-Teilchen sind Heliumatome, und alle radioaktiven Körper, die solche Strahlen aussenden, sind ständige Heliumerzeuger.

Unter den sonstigen Eigenschaften der α-Teilchen ist ihr geringes Durchdringungsvermögen und ihre Jonisierungskraft bekannt. Im Gegensatz zu den β- und γ-Strahlen beschränkt sich ihre Bahn in Luft von Atmosphärendruck auf einige Zentimeter. Auf dieser Strecke vermögen sie die Luft außerordentlich stark zu ionisieren, d. h. elektrisch leitfähig zu machen; die hiezu nötige Energie wird durch entsprechende Abnahme der Geschwindigkeit der Teilchen gedeckt. Das Ende der Bahn ist durch das plötzliche Erlöschen der Jonisation bezeichnet. Der Abstand dieses Endpunktes von der Strahlenquelle, der Jonisierungsbereich oder die „Reichweite", ist eine für jede einheitliche α-strahlende Substanz charakteristische Größe. An demselben Punkte der Bahn, wo sie die Luft nicht mehr ionisieren, verlieren die α-Strahlen auch ihre Fähigkeit, Phosphoreszenz zu erregen und auf die photographische Platte zu wirken. Die Reichweite der verschiedenen α-Strahlen in Luft schwankt zwischen 2·8 Zentimeter (beim Jonium) und 8·6 Zentimeter (Thorium C).

Mit der Entfernung von der Strahlenquelle wächst das Jonisierungsvermögen eines α-Teilchens. Dieses erzeugt also um so mehr Jonen, je kleiner seine Geschwindigkeit ist. Erst gegen das Ende der Reichweite sinkt das Jonisierungsvermögen außerordentlich schnell auf Null herab. Diesen charakteristischen Verlauf zeigen alle Jonisierungskurven, was für eine α-strahlende Substanz auch benutzt sein mag. Die α-Strahlen der verschiedenen Substanzen unterscheiden sich nur durch die anfängliche Geschwindigkeit, mit der sie beim Zerfall ihrer Substanz ausgesendet werden. Ihre Reichweite ist aus diesem Grunde verschieden, die Zahl der erzeugten Jonen jedoch an Punkten, die gleich weit vom Ende der Reichweite entfernt sind, also an Punkten gleicher Geschwindigkeit, ist stets dieselbe.

Sehr genaue Versuche über die Zahl der Jonen, die ein α-Teilchen auf seiner ganzen Bahn erzeugt, sind von Geiger angestellt worden. Er fand, daß ein α-Teilchen vom Radium C (Reichweite 7·06 Zentimeter) bei vollständiger Absorption in Luft 237.000 Jonen eines Vorzeichens erzeugt; in anderen Gasen ist die Zahl eine andere. Greinacher, der die Jonisation durch α-Strahlen in flüssigen Nichtleitern gemessen hat, fand z. B., daß ein α-Teilchen in Paraffinöl etwa 1000mal weniger Jonen als in der Luft erzeugt.

Die Absorption der α-Strahlen in festen Körpern erfolgt auch in der Weise, daß die absorbierende Wirkung in einer Verzögerung der α-Teilchen, nicht aber in einer Änderung ihrer Anzahl besteht. Daher wird das Absorptionsvermögen oder die Bremswirkung fester Körper durch die Dicke der Luftschicht gemessen, die eine gleiche Geschwindigkeitsänderung der α-Strahlen bewirkt. Mit der Absorption der α-Strahlen in festen Körpern hängt folgende mineralogische Erscheinung zusammen. In gewissen Mineralien, wie Biotit und Kordierit, kommen eingeschlossen mikroskopisch kleine Zirkon- oder Apatitkristalle vor, die von einem dunkelgefärbten, kugelförmigen Hof (Halo) umgeben sind. Joly zeigte zuerst, daß diese Höfe von der Einwirkung der α-Strahlen herrühren, die im Laufe der Zeit von den radiumhaltigen Kriställchen ausgesendet wurden. Der Halbmesser der Halos steht in guter Übereinstimmung mit der Reichweite der α-Strahlen in der betreffenden Substanz. Rutherford gelang es neuerdings, solche farbigen Höfe künstlich in Glas zu erzeugen.

Bekanntlich kann man die Zahl der von einer radioaktiven Substanz ausgesandten α-Teilchen auf verschiedene Weise ermitteln, besonders gut durch die Szintillationsmethode, die darauf beruht, daß Zinkblende an den von α-Strahlen getroffenen Stellen im Finstern kurz dauernde Lichtblitze, sogen. Szintillationen, aussendet, deren Zahl derjenigen der auffallenden α-Teilchen entspricht (siehe Jahrb. VIII, S. 90). Die Kenntnis der Zahl der α-Teilchen, die eine bestimmte Menge Radium aussendet, besitzt eine Bedeutung, die weit über den Rahmen der Radioaktivität hinausgeht. Unter der Voraussetzung nämlich, daß jedes Radiumatom beim Zerfall nur ein α-Teilchen ausschleudert, kann man die Atomgewichte der Zerfallsprodukte des Radiums bestimmen (siehe Abbild. dieser Reihe, Jahrb. IX, S. 93). Da das Atomgewicht des Radiums 226·4 und das des α-Teilchens nahezu gleich 4 ist, berechnet sich das Atomgewicht der Radiumemanation zu 222·4. Nach gleicher Berechnung wird für das noch unbekannte Endprodukt der Radiumreihe, bis zu dem fünf α-strahlende Substanzen vorhanden sind, das Atomgewicht 206·4 (226·4 — 5 × 4) erhalten. Das berechtigt zu der Annahme, daß Blei das Endprodukt der Radiumreihe ist. Aber schon in der Uranreihe zeigt sich, daß die Verhältnisse nicht immer so einfach liegen, wie die Annahme erfordert, jedes Atom schleudere nur ein α-Teilchen aus. Uran verwandelt sich über mehrere Zwischenstufen hindurch in Radium. Da sich die Atomgewichte der

beiden Stoffe um 12 unterscheiden, so müßten drei α-Strahlengruppen dazwischenliegen. Es sind aber nur zwei α-strahlende Umwandlungsprodukte bekannt, Uran selbst und Jonium, die Muttersubstanz des Radiums. Boltwood hat nun gefunden, daß die α-Strahlenaktivität des Urans doppelt so groß ist wie die der Gleichgewichtsmenge Radium. Es muß also ein Uranatom beim Zerfall doppelt so viele α-Teilchen aussenden wie ein Radiumatom. Nach ähnlichen Untersuchungen Bronsons sendet ein Atom der Aktiniumemanation zweimal so viel α-Teilchen aus wie ein Atom des aktiven Niederschlags und ein Atom Thoriumemanation viermal so viel α-Teilchen als ein Atom von Thorium-B oder Thorium-C. Diese Ergebnisse, die auch durch direkte Zählversuche nach der Szintillationsmethode bestätigt wurden, lassen sich allerdings auch noch anders erklären, vor allem durch die Annahme, daß in den Umwandlungsreihen möglicherweise noch unbekannte Zwischenglieder vorhanden sind.

Hinsichtlich der β- und γ-Strahlen haben sich die Untersuchungen hauptsächlich mit dem zwischen diesen beiden Strahlungsarten angenommenen Zusammenhange beschäftigt. Theoretisch wird vorausgesetzt, daß γ-Strahlen nicht nur bei der Ausschleuderung, sondern auch bei plötzlicher Hemmung eines β-Teilchens entstehen, wie die Kathodenstrahlen beim Auftreffen auf feste Materie Röntgenstrahlen erzeugen. Es spricht für die Schwierigkeit der Untersuchung, daß gewiegte Praktiker der radioaktiven Forschung zu ganz entgegengesetzten Resultaten kommen; J. A. Gray*) stellt fest, daß die oben angedeutete Theorie zu Recht bestehe, A. Russel und Fred. Soddy**) dagegen schließen aus neuen Experimenten mit den γ-Strahlen des Thoriums und des Aktiniums, daß diese nicht eine sekundäre Begleiterscheinung der β-Strahlen sind, und daß kein ursächlicher Zusammenhang zwischen ihnen besteht. Vielmehr besteht nach ihnen ein Parallelismus zwischen α- und γ-Strahlen.

Über die Zerfallsperiode der Radiumemanation nach sehr exakten, hier nicht näher zu beschreibenden Methoden berichtet E. Rutherford.***) Diese Zerfallsperiode wird durch chemische oder physikalische Prozesse nicht beeinflußt, ist bei Zimmertemperatur dieselbe wie bei der Temperatur flüssiger Luft und ist auch von dem Grade der Konzentration der Emanation unabhängig, woraus hervorzugehen scheint, daß alle Atome der Emanation in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften gleich sind. Die Zerfallsperiode von je einer und derselben Emanationsprobe wurde gemessen über einen Zeitraum, innerhalb dessen sie bereits auf den hundertmillionsten Teil gesunken war, und wurde mit großer Annäherung an den wirklichen Wert zu 3·85 Tagen (Halbwertszeit) festgestellt. Dieser Wert gleicht dem von Madame Curie 1910 festgestellten genau und entfernt sich nicht weit von den zwischen 3·75 und 3·99 Tagen schwankenden Bestimmungen anderer bedeutender Forscher.

B. B. Boltwood und E. Rutherford*) haben auch die Erzeugung von Helium durch Radium erneut in Untersuchung genommen, besonders zu dem Zwecke, um die Menge des erzeugten Heliums aufs genaueste zu messen. Nach einer früheren schätzungsweisen Berechnung sollte die von 1 Gramm Radium pro Jahr erzeugte Heliummenge zwischen 20 und 200 Kubikmillimetern liegen. Die Wichtigkeit der Frage nach der wahren Natur der α-Partikel führte zu einer genaueren Messung der Geschwindigkeiten und des Verhältnisses der Ladung zur Masse (e/m) bei den α-Teilchen der verschiedenen radioaktiven Elemente. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wiesen darauf hin, daß die α-Partikel entweder Wasserstoffmoleküle mit einfacher Jonenladung oder Heliumatome mit doppelter Jonenladung seien. Die letztere Annahme schien die wahrscheinlichere zu sein und ließ vermuten, daß Helium ein Zerfallsprodukt aller Arten von radioaktiven Stoffen, die α-Strahlen aussenden, sei. Bekanntlich hat sich diese Annahme voll bestätigt.

Die beiden Forscher haben nun durch peinlich genaue Messungen ermittelt, daß die Heliumerzeugung durch ein Radiumsalz, berechnet für den Tag und 1 Gramm des reinen Elements, etwa 0·107 Kubikmillimeter ergeben würde; pro Jahr würde dies für 1 Gramm Radium im Gleichgewicht mit seinen ersten Zerfallsprodukten (Emanation, Radium-A und Radium-C) 156 Kubikmillimeter Helium ergeben. Mit dieser durch das Experiment gefundenen Zahl steht in bester Übereinstimmung die Heliumproduktion (158 Kubikmillimeter), die Rutherford und Geiger aus ihren Experimenten über die Zählung der vom Radium ausgeschleuderten α-Partikel errechnet haben.

Auch die Heliumerzeugung durch Polonium und Radiobleipräparate wurde von Boltwood und Rutherford beobachtet.

Elektrizität, Äther und Materie.

Die neueren Vorstellungen über das Wesen der Elektrizität sind, wie Prof. Dr. P. Gruner*) am Eingang eines Vortrages sehr richtig hervorhebt, immer nur unserem Anschauungsvermögen angemessene, verhältnismäßig grobe Bilder, mittels derer wir uns die zahlreichen Erscheinungen der Elektrizität und ihre Wechselwirkungen mit anderen Phänomenen darzustellen suchen, die aber vom Wesen der Dinge selbst wahrscheinlich nichts geben. Solche Bilder pflegen oft schon im Verlaufe von Jahrzehnten zu wechseln, und so ist auch in der Lehre von der Elektrizität die alte Anschauung der unwägbaren elektrischen Fluida durch die von Maxwell begründete elektromagnetische Lichttheorie und diese wieder durch die Elektronentheorie von H. A. Lorentz verdrängt worden.

*) Proceed. of the R. Soc. Serie A. vol. 85 (1911), p. 151.
**) Philos. Magaz. vol. 21 (1911), p. 130.
***) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, 120. Bd. (1911), Heft 3.

*) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, 120. Bd. (1911), Heft 3.
**) Die Umschau, XV. Jahrg. (1911), Nr. 32.

Diese Theorie stellt gewissermaßen drei Kategorien von Substanzen auf: die Elektronen, den Äther und die materiellen Atome. Die Elektronen sind kleine, vereinzelt existierende Teilchen mit durchaus unveränderlichen elektrischen Ladungen, den sogenannten Elementarladungen; ihre Masse mag vielleicht nur ein Zweitausendstel eines Wasserstoffatoms, ihr Durchmesser etwa ein Billionstel eines Millimeters betragen. Diese Elektronen sind die Mittelpunkte aller elektromagnetischen Kraftwirkungen, sie allein repräsentieren das unbekannte Ding, das man Elektrizität nennt.

Der Äther, ein seinem Wesen nach noch viel geheimnisvolleres Ding, repräsentiert eigentlich den absoluten, völlig unbeweglichen und unveränderlichen, alles gleichmäßig erfüllenden leeren Raum.



1. 2.

Einzelschlagentladung (1) unter dem Einfluß eines magnetischen Feldes (2).

Er spielt die Rolle des Trägers aller elektromagnetischen Kraftwirkungen, in ihm pflanzen sich alle diese Kräfte, von den Elektronen ausgestrahlt, mit Lichtgeschwindigkeit fort.

Die materiellen Atome endlich, die Bausteine des ganzen Weltalls, sind an und für sich elektrisch vollständig neutral. Aber indem sie in ganz bestimmter Weise mit den Elektronen gekoppelt sind, treten sie auch mit den elektromagnetischen Kräften im Äther in Wechselwirkung, und dadurch entsteht die große Mannigfaltigkeit der elektrischen Erscheinungen.

So sind in den Nichtleitern, den Isolatoren, z. B. in Glas, die Elektronen wie elastische Kräfte an die Atome im Glase gebunden. In den Leitern dagegen, in Metallen, denkt man sich die Elektronen vollständig frei beweglich. Sie können in den Zwischenräumen der Metallmoleküle überall hineilen und werden nur durch ihre gegenseitigen Zusammenstöße gehemmt. Endlich gibt es Körper, wie das Eisen, in denen die Elektronen die Atome umkreisen wie die Planeten die Sonne. Diese rotierende Bewegung erzeugt magnetische Kräfte, so daß derartige Moleküle wie kleine Magnete wirken. Damit ist die Basis zur Theorie des Magnetismus gelegt.

Dieser Zusammenhang rotierender Elektronen mit magnetischen Kräften erklärt ein von Zeemann 1896 zuerst beobachtetes sehr merkwürdiges Phänomen, das eine der Hauptstützen der Elektronentheorie geworden ist. Ein leuchtender Metalldampf besitzt oszillierende Elektronen und zeigt ein Spektrum mit bestimmten, von der Natur des Metalls bedingten Linien. Ein starkes Magnetfeld muß die Oszillationen der Elektronen und damit die Natur des ausgestrahlten Lichtes abändern. Tatsächlich sieht man das Spektrum solcher Dämpfe durch den Magnetismus in eigentümlicher Weise, aber genau nach den Forderungen der Theorie beeinflußt.

Am auffallendsten waren die Erfolge der Elektronentheorie im Gebiete der sogenannten neuen Strahlungen. Die Kathodenstrahlen, die entstehen, wenn durch ein sehr stark verdünntes Gas elektrische Entladungen gehen, verhalten sich Punkt für Punkt so, als ob in ihnen ein dauernder Strom ausgeschleuderter Elektronen vorhanden wäre. Hier treten also die Uratome der Elektrizität uns in freier Form, sozusagen greifbar, entgegen. Aus Messungen an solchen Strahlen wie auch an den analogen β-Strahlen des Radiums hat sich ergeben, daß wohl nur negative Elektronen mit der oben angegebenen minimalen Masse existieren, und daß diese mit unfaßbaren Geschwindigkeiten bis zu 283.000 Kilometer in der Sekunde dahinsausen.

Eine überaus schwierige Frage ist folgende: Wenn ein Körper im Raume sich fortbewegt, macht dann der Äther, der diesen Körper unter allen Umständen durchdringt, die Bewegungen mit oder nicht? Auf diese Frage geht Prof. Dr. Max Planck in einem Aufsatz über die Stellung der neueren Physik zur mechanischen Naturanschauung, für welche der Lichtäther eine so wichtige Rolle spielt, ein.*)

Auf dem Gebiete der Wärmelehre, der Chemie, der Elektronentheorie ist die mechanische Anschauung eine festbegründete Theorie. Aber diejenigen Vorgänge, zu deren mechanischer Erklärung die Hypothese eines materiellen Lichtäthers nötig ist, setzen der Durchführung der mechanischen Naturanschauung einen anscheinend unüberwindlichen Widerstand entgegen. Denn so gewiß die Existenz eines solchen Äthers eine Grundforderung der mechanischen Naturanschauung ist — denn nach ihr muß, wo Energie ist, auch Bewegung sein, und wo Bewegung ist, muß auch etwas da sein, was sich bewegt —, so seltsam sticht sein Verhalten von dem aller übrigen bekannten Stoffe ab, schon wegen seiner außerordentlich geringen Dichtigkeit im Vergleiche zu seiner kolossalen Elastizität, welche die ungeheuer große Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtwellen bedingt. Solange man die Lichtwellen noch für longitudinal hielt, konnte man sich den Lichtäther noch als feines Gas denken; als man aber erkannt hatte, daß das Licht eine transversale, quer zur Fortpflanzungsrichtung gestellte Erzitterung des Äthers sei, mußte der Äther als fester Körper angesprochen werden; denn ein gasförmiger Äther wäre außer stande, transversale

*) Die Umschau, XIV. Jahrg., Nr. 44.

Lichtwellen fortzupflanzen. Es mußte also ein fester Körper angenommen werden, der die sonderbare Eigenschaft besitzt, die Himmelskörper ohne nachweisbaren Widerstand hindurchgehen zu lassen. Aber das war erst der Anfang der Schwierigkeiten.

Fragen wie die nach der Konstitution des Lichtäthers, nach seiner Dichtigkeit, seinen elastischen Eigenschaften, nach den longitudinalen, d. h. in der Lichtstrahlrichtung schwingenden Ätherwellen, nach der Geschwindigkeit der Erdatmosphäre relativ zum Äther haben Experimentatoren und Theoretiker jahrzehntelang beschäftigt, aber bis jetzt ohne positiven Erfolg.

Wie man sich den Lichtäther auch vorstelle, ob als kontinuierlich oder als diskontinuierlich, aus „Ätheratomen" bestehend, immer erhebt sich die Frage, ob bei der Bewegung eines durchsichtigen Körpers der darin befindliche Lichtäther von dem bewegten Körper mitgenommen wird, oder ob der Lichtäther während der Bewegung des Körpers ganz oder teilweise in Ruhe bleibt. Diese Frage läßt sich mit Sicherheit dahin beantworten, daß der Lichtäther jedenfalls nicht immer vollständig, häufig aber so gut wie gar nicht mitgenommen wird. Denn in einem bewegten Gase, z. B. in bewegter Luft, pflanzt sich das Licht unabhängig von der Geschwindigkeit des Gases fort, oder es geht, etwas drastisch ausgedrückt, mit dem Winde ebenso schnell wie gegen den Wind. Wir müssen uns also vorstellen, daß der Äther, in welchem die Lichtwellen sich fortpflanzen, in Ruhe bleibt, wenn bewegte Luft durch ihn hindurchstreicht. Wenn dem aber so ist, so muß man weiter fragen: Wie groß ist denn nun die Geschwindigkeit, mit der die atmosphärische Luft durch den Äther hindurchgeht?

Diese Frage hat sich bisher in keinem einzigen Falle und durch keine Messung beantworten lassen. Die Untersuchungen über eine Messung der Erdbewegung relativ zum Lichtäther füllen viele Seiten der Annalen der Physik. Aber aller Scharfsinn, alle experimentellen Künste scheiterten an der Hartnäckigkeit der Tatsachen: die Natur blieb stumm und verweigerte die Antwort. Nirgends ließ sich eine Spur des Einflusses der Erdbewegung auf die vom Lichtäther bedingten optischen Vorgänge innerhalb unserer Atmosphäre entdecken, selbst nicht bei Versuchen, bei denen ein solcher Einfluß der Erdbewegung mit aller Deutlichkeit zum Vorschein hätte kommen müssen, wenn auch die Geschwindigkeit der Atmosphäre relativ zur Sonne, etwa 30 Kilometer pro Sekunde, nur der zehntausendste Teil der Lichtgeschwindigkeit ist. Aber der gesuchte Effekt blieb aus.

Angesichts dieser schwierigen Sachlage wirft Prof. Planck die Frage auf, ob man nicht besser täte, das Problem des Lichtäthers einmal von einer ganz anderen Seite anzugreifen und zu überlegen, welche Konsequenzen für die Physik entstehen würden, wenn die Bemühungen, an dem Lichtäther irgend welche stoffliche Eigenschaften zu entdecken, gar keinen physikalischen Sinn hätten, wenn also das Licht sich, ohne überhaupt an einem materiellen Träger zu haften, durch den Raum fortpflanzt. Damit wäre allerdings die mechanische Naturanschauung ihrer universellen Bedeutung beraubt.

Prof. Planck versucht, diese Schwierigkeiten durch Einführung eines neuen Prinzips, des Prinzips der Relativität, in die Physik zu lösen. Danach soll eine Zeitangabe immer erst dann einen physikalischen Sinn erhalten, wenn der Geschwindigkeitszustand des Beobachters, für den sie gelten soll, in Rücksicht gezogen wird. Ob das aus dem Ätherwirrsal herausführen wird, ist noch höchst zweifelhaft. Wie groß dieses Wirrsal ist, zeigen die Betrachtungen eines anderen bedeutenden Physikers, Prof. P. Lenard,*) in einem Vortrag „Über Äther und Materie". Er kommt zu dem Schlusse, daß die Schwierigkeiten, welche die Ätherhypothese dem Verständnis noch bietet, uns nicht abhalten dürfen, das vorhandene Bild weiter zu entwickeln und zu pflegen, denn sonst würden wir auf jedes derartige Bild und auf die mechanische Begreifbarkeit der Natur überhaupt verzichten. Lenard glaubt nicht, daß dies geschehen wird, auch dann nicht, wenn wir, um die Mechanik des Äthers klar zu haben, hinter dem Äther und seinen Teilen noch einen anderen Äther sollten einführen müssen. Die sehr ausführliche Darstellung Lenards über die Mechanismen im Äther, die Strömungen und Wirbel in ihm, sowie über die Verknüpfung von Äther und Materie können hier leider nicht wiedergegeben werden. Dagegen sei aus seinen sehr klaren Ausführungen über die Materie das Wesentlichste angeführt.

Aus Materie bestehen alle greifbaren Körper um uns, die festen, flüssigen und luftförmigen, alles, was sich aus den etwa 100 Elementen der Chemie zusammensetzt. Die in körniger Struktur zu denkende Materie setzt sich aus den Atomen zusammen, deren es ebenso viele Arten gibt, wie Elemente vorhanden sind. Über die Größe der Atome, dieser Bausteine der Materie, sind wir ganz gut unterrichtet, namentlich für ihre Durchschnittsgröße sind auf verschiedenen Wegen gut übereinstimmende Werte gefunden. Danach befindet sich alles, was zum Atom speziell gehört, innerhalb einer Kugel von etwa mehreren Zehnmilliontel Millimetern Durchmesser. In diesen fabelhaft kleinen Räumen hat man dennoch in letzter Zeit noch Einzelheiten zu unterscheiden gelernt. Besonders die Untersuchung des Durchgangs der Kathodenstrahlen durch Materie hat uns wichtige Einblicke in die Zusammensetzung der Atome verschafft. Da die Absorption der Kathodenstrahlen in allen Stoffen lediglich durch die Masse der letzteren beeinflußt ist und alle sonstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Stoffe völlig ohne Einfluß erscheinen, dürfen wir schließen, daß sich alle Atomarten, alle Materie aus gleichen Grundbestandteilen in verschiedener Zahl aufbauen. Die Richtigkeit dieser Auffassung ist durch den Zerfall des Radiums, eines echten chemischen Elements, in die beiden neuen Elemente Helium und Emanation und durch eine Reihe ähnlicher Zerfallsvorgänge an Atomen bestätigt worden.

Der Grundstoff, aus welchem alle Atome aufgebaut sind, scheint Elektrizität zu sein. Da die Kathodenstrahlen aus fortgeschleuderter negativer

*) Sitzungsb. der Heidelberger Akad. d. Wissensch. 1910, Heft 16.

Elektrizität bestehen, so läßt die Tatsache ihrer Absorption auf das Dasein elektrischer Felder im Innern der Atome schließen. Als Zentren dieser Kraftfelder sind Elektrizitäten anzunehmen, abgeteilt in Elementarquanten, wie wir sie für negative Elektrizität in den Kathodenstrahlen vor uns haben. Da die Atome in gewöhnlichem Zustand unelektrisch sind, muß sich ebenso viel positive wie negative Elektrizität in ihnen vorfinden. Die Untersuchung der Absorption von Kathodenstrahlen sehr verschiedener Geschwindigkeit hat ergeben, daß der für diese negative Elektrizität undurchdringliche Raum in den Atomen außerordentlich gering ist, daß der gesamte, dem Atom angehörige Raum beinahe ausschließlich von den elektrischen Kraftfeldern erfüllt ist, so daß das Atom in der Hauptsache als ein Komplex dieser Felder ohne merkliches materielles Eigenvolumen aufzufassen ist. Die an den Grenzen des Atomraumes befindlichen Kraftfelder sind es auch offenbar, durch die ein Atom auf ein anderes genügend nahe befindliches wirken kann. Diese die Atome im Molekül zusammenhaltenden Kräfte sind die sogenannten chemischen Kräfte der Atome, und auch die sogenannten Molekularkräfte, die Kräfte der Festigkeit, erscheinen uns damit als elektrische Kräfte. Es wird so u. a. auch die lange Zeit unverständliche, aus der Erscheinung der Kristallisation hervorgehende Tatsache begreiflich, daß die Moleküle nicht nur anziehende, sondern auch drehende Kräfte aufeinander ausüben.

Aus der Chemie.

Für das verschieden starke Bestreben der Elemente, miteinander zu chemischen Verbindungen zusammenzutreten und in diesen so lange zu beharren, bis sie durch äußere Einwirkungen gelöst werden, hat man schon im XVIII. Jahrhundert den Ausdruck „chemische Affinität oder Verwandtschaft" geprägt, eine Bezeichnung, die durch Goethes „Wahlverwandtschaften" eine weit über den ursprünglichen Bereich hinausgehende Bedeutung erhalten hat. Was es aber mit dieser chemischen Affinität nun eigentlich auf sich habe, was das eigentliche Wesen derselben sei, das beginnt sich uns neuerdings erst zu enthüllen.

In einer vorläufigen Mitteilung, der eine gründliche systematische Darstellung folgen soll, berichtet Werner Daitz*) über die Ergebnisse seiner Bemühungen, das Wesen der chemischen Affinität zu entschleiern. Er hat sich zur Aufgabe gestellt, einen so einfachen und allgemeinen Ausdruck der chemischen Reaktionen zu finden, daß sich dessen Wesen zwanglos auch in allen übrigen nicht chemischen Naturvorgängen wiedererkennen läßt; womit dann auch die Forderung Nernst' erfüllt wäre, der als letztes Ziel der Verwandtschaftslehre bezeichnet: „Die bei den stofflichen Umwandlungen wirkenden Ursachen auf physikalisch wohl erforschte zurückzuführen."

Der prinzipielle Unterschied zwischen der physikalischen und chemischen Gravitation ist der, daß letztere variabel ist. Deshalb schien es bisher unmöglich, beide Eigenschaften der Materie unter eine gemeinsame Formel zu bringen. Beide arbeiten auf ein gemeinsames Ziel hin, nämlich auf Verdichtung der Materie, auf Verminderung des Volumens. Die astronomische Anziehung ist ferner nur eine Modifikation der allgemeinen Gravitation, bedingt durch die besondere Dichte oder relativ weite Lagerung der kosmischen Körper voneinander. Ebenso wird die allgemeine Anziehung modifiziert durch den chemischen Zustand der Materie, nämlich durch die relativ dichte Lagerung der Teile. So sind also die chemische wie die astronomische Anziehung nur Abhängigkeitserscheinungen (Funktionen) der verschiedenen Dichte der Substanz und können unter Umständen den Wert Null annehmen. Dadurch kennzeichnen sie sich als Sekundärerscheinungen der allgemeinen Gravitation. Denn diese bleibt stets dieselbe, gleichgültig, ob sich ein Weltsystem im Auflösungs- oder Werdezustand befindet. Die chemische und die astronomische Anziehung sind nur Berechnungserscheinungen oder Zwischenformen der in einem werdenden Weltsystem nach innen gerichteten Gravitation und völlig abhängig von Dichte und Lagerung der Substanz. Sie sind keine primäre Eigenschaft der Materie; denn im Stadium feinster Verteilung und geringster Dichte der Materie (vielleicht im Nebelfleckzustand oder im Stadium radioaktiven Abbaus) existieren weder Weltkörper noch Atome, an deren Vorhandensein doch die Gesetze astronomischer und chemischer Anziehung gebunden sind.

Als allgemeinstes Kennzeichen der Gravitation, das sich auch in der chemischen Anziehung wiederfinden muß, ergibt sich also das Streben nach der Bildung des kleinstmöglichen Volumens oder der größtmöglichen Dichte der Substanz. Da sich jede Masse- oder Energieumsetzung volumetrisch (an der Größe meßbar) ausdrücken muß, so ist das Volumen die breiteste und natürliche Vergleichsbasis. Denn die primären Pendelschläge der Integration (Verdichtung) und Disintegration, die alle anderen Energieformen als sekundäre Perioden erst aus sich hervorgehen lassen, lassen sich letzten Endes nur volumetrisch ausdrücken. Dadurch, daß wir die Tendenz der Integrationsphase in diese allgemeinste und weiteste physikalische Form kleiden, gelangen wir zu dem folgenden Satze:

I. Während der Integrationsphase eines Systems strebt die Materie unter dem überwiegenden Einfluß der allgemeinen Gravitation danach, das jeweils mögliche kleinste Volumen einzunehmen.

Damit ist ein Grundprinzip der gesamten Naturforschung berührt. In diesem Streben nach dem kleinstmöglichen Rauminhalt sind alle Gesetze verankert, welche die Bewegung der Masse betreffen, die astronomischen, physikalischen und auch die chemischen. Es steht nichts im Wege, die Volumenänderung oder die Verschiebung des Gleichgewichtes eines astronomischen Systems mit Hilfe der uns bekannten Massen und Bewegungsgesetze zu ermitteln. Ebenso muß es aber auch möglich sein, aus den uns beim chemischen Umsatz bekannten

*) Naturw. Wochenschr., IX, Nr. 46.

Massen und Volumanordnungen die Gesetze und das Gleichgewicht der chemischen Materie für alle Zustände zu berechnen. Da nun die chemische Beweglichkeit durch Druck und Temperatur bestimmt wird, so muß die theoretische Grundformel für alle Konzentrationen und Aggregatzustände allgemein so lauten:

II. Jede chemische Reaktion strebt danach, das den jeweiligen Bedingungen von Druck und Temperatur entsprechende kleinste Volumen einzunehmen. — Aus diesem Satze entspringt dann sofort der folgende, der die Einwirkung von Druck und Temperatur auf den chemischen Umsatz bestimmt, nämlich:

III. Bei Verminderung des Druckes oder Erhöhung der Temperatur eines im Gleichgewicht befindlichen chemischen Systems wird die Reaktion im Sinne vermehrter Energiebindung unter **Vergrößerung des Volumens** verlaufen; dagegen bei Verminderung der Temperatur oder Erhöhung des Druckes wird die Reaktion im Sinne vermehrter Energieentbindung unter **Verminderung des Volumens** vor sich gehen.

So erscheint also nach Daitz die chemische Affinität nicht als eine besondere primäre Naturkraft, sondern als abhängig (Funktion) von der Dichte der Substanz und als Berechnungserscheinung der in einem integrierenden Weltsystem (wie es das unserige ist) nach innen gerichteten Gravitation, was von ihm des weiteren an einigen Beispielen erläutert wird.

Eine neue Methode chemischer Analyse entwickelt in einem vor der Royal-Institution gehaltenen Vortrag J. J. Thomson.*) Seine Untersuchungen über Kanalstrahlen haben ihn darauf hingeführt, diese Strahlen als chemisches Hilfsmittel zu benutzen. Bekanntlich sind die Träger der in einem Entladungsrohr erzeugten Kanalstrahlen Atome oder Moleküle des das Rohr erfüllenden Gases. Das auf eine senkrecht zur Strahlenrichtung gestellte photographische Platte fallende Kanalstrahlenbündel erzeugt auf ihr einen dunklen Fleck. Läßt man ein elektrisches und magnetisches Feld auf das Strahlenbündel einwirken, so werden die Strahlen abgelenkt, was sich an einer Verschiebung des Fleckes von seiner ursprünglichen Stelle zu erkennen gibt. Die Größe der Verschiebung ist abhängig von der Geschwindigkeit der Strahlen und dem Verhältnis ihrer Masse zur Ladung. Letzteres ist für jedes Gas von konstanter Größe, die Geschwindigkeiten dagegen sind in demselben Strahlenbündel verschieden und dem entsprechend auch der Grad der Ablenkungen. Bei Einwirkung des elektrischen und magnetischen Feldes erscheint der Fleck daher nicht nur verschoben, sondern in eine parabolische Kurve ausgezogen. Jedem Typus der verschiedenen Strahlenträger, also jedem Verhältnis zwischen Masse und Ladung, entspricht eine bestimmte Kurve, und zwar ist, da die Ladung eine Konstante ist, die Masse dasjenige, das die Kurve bestimmt. Aus der Anzahl der Kurven läßt sich daher die Zahl der vorhandenen Kanalstrahlenträger, aus der Form der Kurve das Atomgewicht und damit die Natur des in der Glasröhre befindlichen Trägers bestimmen. So kann z. B. festgestellt werden, ob Sauerstoff, ferner ob es in Form von Atomen, Molekülen oder Molekülkomplexen zugegen ist.

Welche Vorteile diese Methode bietet, zeigt folgendes Beispiel. Thomson photographierte das Kanalstrahlenspektrum des Stickstoffes, and zwar einmal eines aus Stickstoffverbindungen, sodann eines aus der atmosphärischen Luft gewonnenen Stickstoffes. Letzterer ergab eine Kurve, die im ersteren fehlte und einem Atomgewicht = 40 (auf das des Wasserstoffes bezogen) entsprach. Atmosphärischer Stickstoff enthält aber Argon, dessen Atomgewicht gleich 40 ist, das sich im chemisch gebundenen Stickstoff nicht befindet und hier sofort angezeigt wurde, trotz der minimalen Menge. Denn die neue Kanalstrahlenmethode hat nicht nur den Vorteil, daß sie das etwaige Dasein eines neuen Elements anzeigt und sein Atomgewicht berechnen läßt, sondern daß sie noch empfindlicher in der Anzeige ist als die Spektralanalyse. Es braucht nur $^1/_{100}$ Milligramm der nachzuweisenden Substanz anwesend zu sein, und die gleichzeitige Anwesenheit anderer Stoffe stört die Resultate für eine bestimmte Substanz gar nicht; die verunreinigenden Substanzen entwerfen eben ihre speziellen Kurven. Thomson hat die Kanalstrahlenmethode, die sich besonders für Atomgewichtsbestimmungen der Emanation und der Zerfallsprodukte radioaktiver Stoffe eignet, schon so weit vervollkommnet, daß sich das Atomgewicht einer Substanz bis auf 1 Prozent genau bestimmen läßt.

Ein Versuch nach dieser Methode, bei dem das Entladungsrohr mit Stickstoff aus der Luft gefüllt war, ergab bei elektrischer und magnetischer Ablenkung der Kanalstrahlen die Gegenwart nachstehender Elemente:

1	H_+	(Wasserstoff)
1·99	H_{2+}	
6·80	N_{++}	(Stickstoff)
11·40	C_+	(Kohlenstoff)
13·95	N_+	
28·10	N_{2+}	
39·00	Arg_+	(Argon)
100·00	Hg_{++}	(Quecksilber)
198·00	Hg_+	
1·00	H_-	
11·20	C_-	
15·2	O_-	(Sauerstoff)

Die Zeichen + und — rechts neben dem Element geben Vorzeichen und Zahl der elektrischen Ladung des Teilchens an, die kleine daneben stehende Zahl ($_2$), daß es sich nicht um ein Atom, sondern ein Molekül handelt. Die links davor stehenden Zahlen sind die aus den Kurven berechneten Atomgewichte. Es bedeutet also z. B. 6·80 N + +, daß es sich um ein doppelt positiv geladenes Stickstoffatom handelt, aus dessen Verhältnis der Masse zur Ladung, da letztere doppelt, sich nur das halbe Atomgewicht ergibt.

*) Nature vol. 86 (1911), S. 466.

Die Versuche haben schon sehr interessante Aufschlüsse ergeben. Versuche mit reinem Wasserstoff oder Sauerstoff zeigten, daß auch ein Element im Entladungsrohr in verschiedenen Zuständen auftritt, Wasserstoff z. B. als H, H_2 (d. h. neutrale Atome und Moleküle), H +, H –, H_2 + (positives, negatives Atom und positives Molekül). Bei einem Versuche mit Methanfüllung (CH_4) zeigten sich Kurven, welche C-, CH-, CH_2-, HC_3- und CH_4-Molekülen entsprachen, welche beiden letzteren hier zum erstenmal in freiem Zustand beobachtet wurden. Merkwürdig erscheint ferner, daß die negativ geladenen Teilchen stets Atome, niemals Moleküle sind. Die neutralen Atome sind also trotz ihrer gewaltigen Geschwindigkeit im stande, eine so große Anziehungskraft auf die Elektronen auszuüben, daß sie sie abfangen. Vielleicht ist dies folgendermaßen zu erklären: Besteht das Atom aus einem positiv geladenen Kern und angelagerten negativen Elektronen, so wird dies Atomsystem bei einer bestimmten Elektronenzahl stabil (nicht zum Zerfall oder zur Vergrößerung geneigt) sein, also Verbindungen mit anderen Atomen nicht eingehen. Eine solche stabile Struktur besitzen vielleicht die Atome der Edelgase (Helium, Argon, Krypton, Neon, Xenon). Umfaßt aber ein Atom mehr Elektronen, als dem stabilen Zustand entspricht, so werden diese überschüssigen Elektronen frei beweglich sein und das Atom befähigen, auf elektrische Ladungen Kräfte auszuüben, deren Größe von der Zahl und Beweglichkeit dieser freien Elektronen abhängt, so daß die Anzahl der freien Elektronen die chemische Valenz des betreffenden Atoms bestimmen würde. Da die Beweglichkeit der Elektronen sich bei der Vereinigung der Atome zu einem Molekül verringern wird, sind Moleküle stabilere Gebilde als Atome; auch geht die elektrische Leitfähigkeit der Atome dabei verloren.

Das Leben und seine Entwicklung.

(Allgemeine Biologie, Entwicklungslehre, Paläontologie.)

Naturdenkmalschutz * Entstehung und Fortpflanzung * Darwinistische Probleme * Ausgestorbene Faunen.

Naturdenkmalschutz.

Unter den Vereinigungen, die sich den Schutz unserer Tier- und Pflanzenwelt, die Erhaltung ganzer Landschaften oder einzelner geologisch oder geschichtlich bedeutender Objekte zur Aufgabe gestellt haben, faßt seine Aufgabe am weitesten der Verein Naturschutzpark, E. V., mit dem Sitze in Stuttgart. Dieser hat sich neuerdings mit einer schön ausgestatteten, mit reichem Bildschmuck versehenen Broschüre „Naturschutzparke"*) an die Bevölkerung Deutschlands und Österreichs gewandt, um die Teilnahme weitester Kreise für seine Bestrebungen zu erregen und die zur Ausführung seiner weitausschauenden Pläne nötigen Geldmittel zu gewinnen. „Respekt vor der Natur, vor dem Leben müssen wir bekunden und auf unsere Kinder vererben," ruft in dem einleitenden Artikel über Naturschutzparke Dr. M. Kemmerich aus, nachdem er einen Rückblick geworfen auf alles, was schon unwiderbringlich dahin ist.

Was ist aus den Bären und Wölfen geworden, denen im Kampfe Auge in Auge jeder Fußbreit Bodens von unseren Ahnen abgerungen werden mußte? Was aus den Elchen und Auerochsen, aus Wisent und Steinbock, was aus Biber, Wildkatze, Luchs und vielen kleineren Säugetieren?

Wo kreist noch der Adler in den Ätherwogen? Wo verläßt beim ersten Strahl der Morgensonne, der die Gipfel der deutschen Berge vergoldet, der Geier, der Edelfalk seinen Horst, um weit in die Lande hinaus das Evangelium von der unvergleichlichen Schönheit der Natur zu tragen? Wo erschallt im nächtlichen Walde noch des Uhus unheimliche Stimme? Wie lange noch — und Deutschlands Vogelfauna wird sich auf Spatz, Krähe und Amsel beschränken!

Nicht besser ging es mit unserer Flora. Auch hier das gleiche, traurige Bild, das das Herz des Vaterlandsfreundes, des Verehrers der Natur bluten läßt.

Zur wirksamen Abhilfe gibt es nur ein Mittel: Die Schaffung großer Naturschutzparke, in denen alles, was je in Deutschland heimisch war, ein dauerndes Asyl erhält, Bestrebungen, in denen uns die Amerikaner mit der Schaffung großer Reservationen mit leuchtendem Beispiel vorangegangen sind.

Über Entwicklung, Stand und Aussichten der Naturschutzparkbewegung berichtet Dr. Kurt Floericke, einer der Gründer des Vereines. Er entwickelt die Ziele der Bewegung, zeigt die Möglichkeit, sie praktisch wirkend zu erreichen und zur Freude und Belehrung der Allgemeinheit nutzbar zu machen. Hans Sammereyer schildert die Herrlichkeit des Alpennaturschutzparkes, wie er werden könnte und sollte, während Prof. C. Schröter in Zürich seine Verwirklichung in dem ersten Schweizerischen Nationalpark Cluoza bei Zernez im Unterengadin darstellt. Das Gebiet, zu dessen Erwerbung sich vier große Schweizerische Organisationen zusammengefunden haben, umfaßt das Einzugsgebiet der sämtlichen rechtseitigen Zuflüsse des Inn von Scanfs bis Schuls und ist trotz seiner exzentrischen Lage an der Südostgrenze der Schweiz besonders für den Zweck geeignet.

*) Franckhsche Verlagshandlung, Stuttgart. Pr. 1 M = K 1.20.

Phot. von J. Kester.

Aus einem amerikanischen Naturschutzpark: Ein Blick in das Yosemite-Tal.



Aus dem ersten schweizerischen „Nationalpark“ Cluoza.

Das zur Massenerhebung der Engadiner Alpen gehörige Gebiet hat sehr hochgelegene Grenzen, seine Schneegrenze in den „Spölalpen" liegt in 3000 Meter, die Waldgrenze nach Imhof 2190 Meter im Ofenpaßtal, 2230 Meter Höhe im Scarltal. Landschaftlich ist es durch die zerrissenen Formen der Dolomitberge, die ihm ostalpinen Stempel aufdrücken, ausgezeichnet. An Wildheit und Unberührtheit, an Einsamkeit und Abgeschlossenheit wird es kaum von einem anderen Alpengebiete in der Schweiz erreicht.



Urwald am Kubany.

Die Bewaldung, reich, wohlerhalten und kaum durch Anpflanzung getrübt, umfaßt u. a. die größten (5000 Hektar) Bestände der aufrechten Bergföhre in der Schweiz, herrliche reine Arvenwälder, schöne Mischbestände der Fichte und Lärche, kurz alle schweizerischen Nadelhölzer außer der Eibe und dem Sevi-Wachholder. Die Flora ist infolge der Mannigfaltigkeit der Unterlage, kalkarme und kalkreiche Gesteine in reicher Mischung, eine sehr reiche.

Auch die Fauna ist reich, der Wildstand ein vorzüglicher. Das Gebiet ist als Gemsenrevier wohlbekannt und stellt das letzte Zufluchtsgebiet des Bären in der Schweiz dar; auch Auer- und Birkwild kommt zahlreich vor.

Hier ist es gelungen, Fuß zu fassen für den ersten schweizerischen Nationalpark, der nach Beschaffung der erforderlichen Mittel eine Fläche von mehr als 100 Quadratkilometern einnehmen und die nötigen Bedingungen zur ungestörten Erhaltung einer reichen Tier- und Pflanzenwelt umfassen wird.

Auch für Österreich liegt die Verwirklichung des Planes einer Naturparkanlage in greifbarer Nähe. Es ist dem Verein Naturschutzpark gelungen, mit einem Großgrundbesitzer in den österreichischen Alpen einen Vertrag abzuschließen. Durch diesen wird dem Verein ein geschlossenes, für Naturschutzzwecke in geradezu idealer Weise geeignetes Gelände von großer landwirtschaftlicher Schönheit, ausgezeichnet durch starken Wildstand wie überhaupt durch eine hochinteressante Fauna und Flora mit bereits sehr seltenen Arten, ein Areal von vorläufig 40 Quadratkilometern, das durch Angliederungen auf etwa 150 Quadratkilometer erhöht werden kann, zunächst auf fünf Jahre reserviert bleiben. In diesen fünf Jahren wird die Mitgliederzahl des Vereines voraussichtlich so weit gewachsen sein, dieses Gebiet, das in Steiermark liegt und infolge günstiger Bahnverbindungen auch von Deutschland aus bequem und in kurzer Zeit zu erreichen ist, dauernd als Naturschutzpark zu erhalten.

Auch für den norddeutschen Park, der in der Lüneburger Heide geplant ist, stehen die Aussichten verhältnismäßig günstig. Nachdem ein rund 800 Morgen großes Gelände, der Wilseder Berg, der Totengrund sowie ein Nachbargebiet, angekauft ist, hat man den Grundstock des geplanten, zunächst etwa 50—60 Quadratkilometer groß gedachten, später leicht auf das Doppelte zu vergrößernden Schutzparkes erworben. Die Vorzüge des Planes, den norddeutschen Schutzpark in die nordwestdeutsche Heidelandschaft zu legen, hat Dr. Floericke in der Naturschutzparkbroschüre in beredter Weise auseinandergesetzt. Allerdings müßte, damit ein geschlossenes Bild der norddeutschen Flora und Fauna gewonnen würde, nicht nur ein möglichst großes Stück eigentliches Heideland den Klauen der Kultur entrissen werden, sondern unbedingt auch ein tüchtiger Streifen möglichst urwüchsigen Waldes und ein möglichst umfangreiches Bruch- und Sumpfgelände (Torf- oder Moorheide) mit mindestens einem größeren Teich dazu erworben werden.

Außer den genannten Aufsätzen enthält die Broschüre eine weitere Anzahl höchst anziehend geschriebener Arbeiten, die sich zum Teile mit der Schutzparkidee im allgemeinen, zum Teile mit schon bestehenden Anlagen der Art befassen. Da finden wir, von F. Scheichert geschildert, eine Wanderung im Urwald am Kubany, einem Besitztum des Fürsten Schwarzenberg-Krumman im Böhmerwalde. Der Fürst hat die urkundliche Bestimmung getroffen, daß von besagtem Urwalde 5200 Joch (etwa 18 Quadratkilometer) für immer erhalten werden sollen, um auch den Nachkommen noch einen Begriff von der Vollkommenheit zu verschaffen, die ein günstig gelegener Wald bei vorzüglichem Schutz erlangen könne. Das Wild im Yellowstonepark und die Riesenbäume des Mariposahaines schildert W. v. Garven-Garvensburg, und der Schluß des Buches zählt die weiteren Naturschutzparke im Ausland auf.



Teich mit Wacholder in der Lüneburger Heide.

Daß neben diesen großzügigen Bemühungen um die Erhaltung umfangreicher Landschaftsgebiete mit ihrer Tier- und Pflanzenwelt die Naturdenkmalpflege nicht zu kurz kommt, dafür sorgen Staat und Volksvertretungen, Gemeinden und Private in erfreulicher Einmütigkeit. Die von Prof. H. Conwentz herausgegebenen Beiträge zur Naturdenkmalpflege*) enthalten in ihren Fortsetzungen (siehe Jahrb. IX, S. 115) zunächst einen Aufsatz von A. Mentz über die auf Anregung von Prof. Conwentz in Dänemark organisierte Naturdenkmalpflege; sodann den Bericht über die II. Konferenz für Naturdenkmalpflege in Preußen im Dezember 1909, der ebenso wie der Bericht über die Staatliche Naturdenkmalpflege in Preußen im Jahre 1909 eine Fülle für den Naturfreund erfreulicher Nachrichten enthält.

*) Bd. I, Heft 4 und 5, Bd. II, Heft 1, Berlin 1910 und 1911.

Vorbildlich sind z. B. die Erlässe der Fürstl. Hohenzollernschen Hofkammer für den herrschaftlichen Jagdbetrieb; sie fordern u. a. die Schonung nicht nur der durch die Bestimmungen des Vogelschutzgesetzes von 1908 geschützten Vögel, sondern auch der nicht geschützten wilden Schwäne, Uhus, Bussarde, Weihen, Milane, Tannenhäher und Wachteln, sowie von Igel und Dachs unter den Säugetieren. Im Jagdrevier horstende Adler (Stein-, See-, Fisch-, Schlangen- und Schrei-Adler),



M. Brünner, Berlin.

Die Königsbuche bei Stolberg im Rheinland. Als Naturdenkmal steht der Baum unter besonderem Schutz.

schwarze Störche, Fischreiher und Kormorane dürfen nicht erlegt werden. Weiter wird den fürstlichen Verwaltungsstellen zur Pflicht gemacht, auf den Schutz und die Pflege charakteristischer Denkmäler und Schätze der vaterländischen Natur, der Landschaft, der Bodengestaltungen, der Baukunst, der Fauna und vornehmlich der Pflanzenwelt in Feld und Wald ihr Augenmerk zu richten. Eigenartige Landschaftsbilder mit bemerkenswerter Vegetation sollen möglichst erhalten werden, z. B. die Albflora, deren wichtige, zum Teil der Schonung schon sehr bedürftige Vertreter einzeln angeführt werden. Die fürstlichen Rentämter und Forstinspektionen haben je für ihr Verwaltungsgebiet ein Hauptmerkbuch der Naturdenkmäler anzulegen und für dessen Fortführung Sorge zu tragen. Diese Bemühungen um Erhaltung der Naturdenkmäler in den Fürstlich Hohenzollernschen Besitzungen haben ihre Krönung erhalten in einer kleinen Schrift des Fürsten Wilhelm von Hohenzollern: Gedanken und Vorschläge zur Naturdenkmalpflege in Hohenzollern*), die jeder Naturfreund mit Vergnügen lesen wird.

Die Führung derartiger Merkbücher für ihren engeren Wirkungsbereich würde übrigens auch für viele Lehrer auf dem Lande und in kleineren Städten, die sich ja jetzt dem Naturdenkmalschutz vielfach mit regem Eifer widmen, eine Quelle der Unterhaltung und des Vergnügens sein und der alten Forderung Roßmäßlers: „Jeder Landlehrer ein Naturforscher!“ wieder ein Stückchen entgegenkommen.

Das erste Heft des zweiten Bandes der Beiträge zur Naturdenkmalpflege bringt eine Arbeit von R. Hermann: „Die erratischen Blöcke im Regierungsbezirk Danzig“; der Verfasser wird seinem Thema nicht nur nach der geologischen Seite hin gerecht, sondern zieht auch volkskundliche, prähistorische, geschichtliche, botanische Bemerkungen und Tatsachen zur Belebung herbei. Den Botaniker vor allem wird es interessieren, die Moos- und Flechtenflora mit zum Teil höchst seltenen Arten zu mustern, die sich auf diesen Zeugen der Eiszeit angesiedelt und erhalten hat.

Als Beweis dafür, wie sehr die Idee des Heimatschutzes noch der Verbreitung bedarf, seien zum Schlusse dieses Abschnitts zwei Tatsachen kurz erwähnt. In Schottland soll nach einer Nachricht der „Nature“ (vol. 86, p. 447) der letzte Rest der großen Kiefernwälder, die sich ehemals vom Ben Nevis bis zum Spey ausdehnten, behufs Abholzung an einen Holzhändler verkauft sein. Dieser Rest, der Wald von Auchnacarry, in West-Invernesßhire gelegen, umfaßt mehr als 6 Quadratkilometer Fläche und enthält großenteils Bäume im Alter von 200 bis 300 Jahren und von gewaltiger Dicke; er ist in seiner stolzen, urwüchsigen Schönheit ein Naturdenkmal ersten Ranges.

In einer vorzüglichen Arbeit von Professor Dr. E. Schwalbe über den Schutz der Tierwelt als Naturdenkmal **) wird u. a. des unwiederbringlichen Schadens gedacht, der durch Ausrottung gewisser Pelzwild- und Vogelarten nicht nur für den momentanen Modeverbrauch, sondern auch für künftige, vielleicht nach Jahren oder Jahrzehnten zu erwartende Modetorheiten angerichtet wird. „Die Veranstalter der Hutmoden“, schreibt Schillings, „werden eine seltene und schöne Vogelart nach der anderen ausrotten. Denn nur das Seltene und Schöne wird hoch bezahlt, und die führenden Firmen in London und Paris müssen eben lange vor der ‚Lanzierung‘ einer bestimmten Mode im Besitze gewaltiger Quantitäten von Federn oder Vogelbälgen sein, damit sie zur gegebenen Stunde einmal den Bedürfnissen ihrer Abnehmer entgegenkommen können, anderseits aber die Preise zu diktieren vermögen. Heute trägt keine Dame die ‚lebenden Juwelen‘ der Vogelwelt, die Kolibris. Nichtsdestoweniger werden sie im Handel aufgesammelt und aufgespeichert. Denn ein so schöner Schmuckvogel wie der Kolibri wird eben mit Bestimmtheit eines Tages wiederum ‚Mode‘, wie auch andauernd neue Arten von Vögeln für die ‚Mode vorbereitet‘ —

*) 36 Seiten. Berlin 1911, Verlag Gebr. Borntraeger.
**) Naturw. Wochenschr., 1911, Nr. 31.

also vernichtet und im Handel aufgespeichert werden!" So Schillings!

Da hilft es auch nichts, wenn ein Staat oder eine Region einer gewissen Tierart Schutz angedeihen läßt. Der prächtige, rubinkehlige Kolibri wird in den Vereinigten Staaten geschützt; im Winter wandert er nach dem nördlichen Südamerika aus, wo er nicht geschützt ist und für Handelszwecke in großen Quantitäten erlegt wird. Wir schützen unsere heimische Vogelwelt durch Gesetz und großenteils durch angeborene Tierfreundlichkeit; der hungrige Italiener, der den Wildstand seines Landes schon völlig ausgerottet hat, frißt sie im Winter auf. Soll hier Wandel geschaffen werden, so müßte zunächst das Gewissen der Modenärrinnen hüben und drüben sowie der durch ihre Gefühllosigkeit gegen Tiere bekannten lateinischen Rasse in Südeuropa und Südamerika geschärft werden. — Aber verlassen wir das traurige Kapitel für dieses Mal!

Entstehung und Fortpflanzung.

Eine neue Lehre von der Entstehung der Organismen sucht Prof. Dr. C. Mereschkowsky unter dem Titel: Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlage der Symbiogenesis zu begründen.*) Als Symbiogenesis bezeichnet er seine Theorie, weil die Symbiose, das dauernde Zusammenleben verschiedener Organismen, die einander angepaßt sind und aus dem Zusammenleben Nutzen ziehen, eine wichtige Rolle spielt.

Die auf neuere Resultate der Zytologie, Biochemie und Physiologie gestützte Arbeit unternimmt es nachzuweisen, daß die gegenwärtige Lebewelt nicht auf eine gemeinsame Wurzel zurückzuführen sei, sondern sich aus zwei völlig verschiedenen Plasmaarten entwickelt habe. Das Rohmaterial für diese beiden Plasmaarten ist das gleiche; aber aus der gleichen toten Materie haben sich unter ganz verschiedenen Bedingungen zwei lebende Grundsubstanzen entwickelt, zwei Plasmaarten, das mykoide und das amöboide, die folgende Hauptunterschiede zeigen:

I. Mykoplasma.

1. Kann ohne Sauerstoff leben (Bakterien).
2. Hält Temperaturen bis 90° C und höher aus (Bakter., Zyanophyzeen).
3. Ist fähig, aus anorganischen Stoffen Eiweiß herzustellen (Bakt., Pilze, Zyanophyzeen, Chromatophoren).
4. Bewegt sich nicht amöbenartig und bildet keine pulsierenden Vakuolen (Bakt., Pilze, Zyanophyz., Chromatoph., Zellkerne).
5. Ist reich an Phosphor und Nukleïn (Bakt., Pilze, Zellkerne).
6. Blausäure, Strychnin, Morphium dienen zur Ernährung. Ist sehr widerstandsfähig.

II. Amöboplasma.

1. Kann nicht ohne Sauerstoff leben.
2. Hält eine Temperatur höher als 45—50° C nicht aus.
3. Ist nicht fähig, Eiweiß aus anorganischen Stoffen herzustellen, erfordert organische Nahrung.
4. Bewegt sich amöbenartig, bildet pulsierende Vakuolen (mit Zellsaft erfüllte Hohlräume im Innern des Zellplasmas).
5. Ist arm an Phosphor und völlig ohne Nukleïn.
6. Blausäure, Strychnin, Morphium wirken wie die stärksten Gifte. Wenig widerstandsfähig.

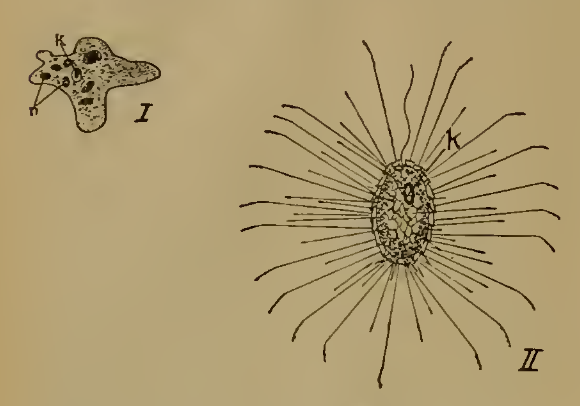
Das Dasein zweier so grundverschiedener Plasmaarten ist nur zu erklären durch die Annahme, daß beide unter ganz verschiedenen Bedingungen und in verschiedenen Erdperioden unabhängig voneinander entstanden sind. Von den Epochen, in denen Organismen entstanden sein könnten, kommen nicht in Betracht diejenigen, in denen die Erdoberfläche glühend oder bei absoluter Trockenheit noch über 100° heiß war. In die dritte Epoche, da die Erdoberfläche mit heißen Gewässern von 50 bis 100° (je nach der geographischen Breite) bedeckt war, glaubt Mereschkowsky die Entstehung der ersten Organismen verlegen zu dürfen. Die einfachst gebauten Bakterien, d. h. das Mykoplasma, erfüllen alle die Forderungen, die an die ersten Organismen gestellt werden müssen. Sie entstanden also zuerst unter sehr harten Daseinsbedingungen, und daraus erklärt sich ihre große Widerstandsfähigkeit. Erst nach und nach entwickelten sich aus ihnen die höher stehenden Gruppen mit ausschließlich mykoidem Plasma: die Zyanophyzeen (Blaualgen) und Pilze. Läßt man die ersten Organismen schon in dieser Epoche entstehen, so wird tatsächlich eine Lücke ausgefüllt, welche andere Theorien der Entstehung von Lebewesen mit Annahme nur einer Plasmaart zeigen. Die Bildung der Moleküle des Plasmas erfordert nämlich eine sehr hohe Temperatur, besonders die Bildung aus Cyan- und anderen Radikalen. (Diese Idee von der Entstehung des Lebens ist übrigens schon von Pflüger und Engelbrethsen vertreten worden; siehe Jahrb. I, S. 131.) Zwischen dem Moment der Bildung dieser Radikalen und dem ihrer Zusammensetzung zu lebendigem Plasma entsteht somit eine Lücke, da das bisher angenommene Protoplasma bei so hoher Temperatur nicht existieren kann. Nach der Hypothese Mereschkowskys war die Erdoberfläche in der Übergangszeit von der zweiten zur dritten Epoche am Äquator noch heiß genug zur Bildung der genannten Radikalen*), nach den Polen zu aber allmählich doch schon so abgekühlt, daß sich kochend heißes Wasser niederschlagen konnte, wie es dem in diesem Zeitpunkte sich bildenden Mykoplasma zur Existenz notwendig war. In der vierten Epoche hörten die Bedingungen zur Neubildung von Zyan- und anderen Radikalen und damit die Neuentstehung von Mykoplasma auf und das vorhandene erhielt sich nun durch Vermehrung nach dem Prinzip: Alles Lebende stammt von Lebendem (omne vivum e vivo).

In der vierten Periode der Geschichte der Erdrinde, nachdem die Wassertemperatur unter 50° gesunken war, konnte die zweite Plasmaart, das

*) Biol. Zentralbl., Bd. 30, (1910), Heft 8—11. Naturw. Wochenschr., X, Nr. 3.

*) Als Radikale bezeichnet man Gruppen von Elementen, die sich in organischen Verbindungen wie einfache Elemente verhalten.

Amöboplasma, entstehen. Wie Prof. Mereschkowsky sich dessen Entstehung denkt, wird nicht weiter ausgeführt. Da dies als kernlose Moneren umherkriechende Amöboplasma aus anorganischer Substanz kein Eiweiß mehr neu bilden konnte, nährte es sich von dem massenhaft vorhandenen Mykoplasma, den Bakterien. Diese wurden jedoch nicht sämtlich verdaut; manche widerstanden der



I. Amöbe (Amoebo coli) II. Flagellat (Mallomonas Plosslii) 750 mal vergrößert. K = Kern. N = verzehrte Nahrung.

verdauenden Kraft des Amöboplasmas und blieben im Innern der Monere lebendig liegen, zunächst zerstreut, dann zu einem Kern zusammengeschlossen. So bildeten die beiden Plasmen, Amöbo- und Mykoplasma, die erste Symbiose, durch welche für die Moneren ein ungeheuer weites Feld der Entwicklungsmöglichkeit geschaffen wurde. Aus den Moneren wurden so zuerst Amöben und aus diesen Flagellaten.

Allmählich hatten sich aus den einfachen Bakterien gefärbte Formen (gelbe, rote, vor allem grüne), die Zyanophyzeen, entwickelt. Diese drangen in Flagellaten und Amöben ein, die ja von der ersten Symbiose her schon aus Amöboplasma + Mykoplasma bestanden, und bewirkten somit eine zweite Symbiose. Die aus der II. Symbiose stammenden Amöben und Flagellaten wurden zu der Wurzel des Pflanzenreiches, während die nur in einfacher Symbiose mit dem Mykoplasma lebenden zur Bildung des Tierstammes schritten.

Nach dieser Theorie der zwei Plasmaarten ergibt sich die folgende Neuordnung der Organismenwelt, die sich auch bildlich in beistehendem Stammbaum darstellt (nach Mereschkowsky vereinfacht von Dr. A. Hase, Naturwiss. Wochenschrift). Auch Mereschkowsky unterscheidet drei Reiche, nämlich:

I. Das Mykoidenreich.

a) Freilebende (Bakter., Pilze, Zyanophyzeen),
b) Symbionten (Chromatophoren, Zellkerne).

II. Pflanzenreich
(mit zweifacher Symbiose).

a) Algophyten (Algenartige),
b) Bryophyten (Moose),
c) Pteridophyten (Farne),
d) Spermaphyten (Samenpflanzen).

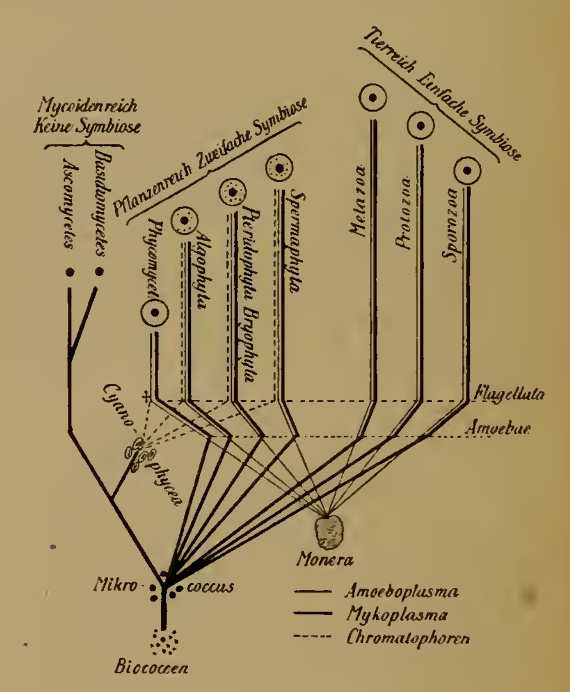
Die auch zu den Pflanzen gehörenden Phykomyzeten oder Algenpilze (z. B. Schimmel- und Fäulnispilze) haben infolge parasitischer oder saprophytischer Lebensweise die Chromatophoren eingebüßt.

III. Tierreich
(mit einfacher Symbiose).

a) Sporozoen,
b) Protozoen,
c) Metazoen.

Die doppelte Wurzel des Reiches der Lebewesen ist aus dem Stammbaum deutlich ersichtlich: die ältere der Biococcen und die jüngere der Moneren. Das Haeckelsche Reich der Protisten kommt nach der Theorie Mereschkowskys dagegen in Wegfall.

Das Problem der Befruchtung und die Protozoenforschung ist der Gegenstand einer Arbeit von Dr. Ernst Teichmann.*) Nachdem die Vorgänge der Befruchtung, der Vereinigung von Eizelle und Samenzelle, der Kopulation und Konjugation näher beschrieben sind, wird dargelegt, daß die Entwicklungserregung, die bis vor kurzem für das Wesentliche der Befruchtung galt, nicht das ausschlaggebende Moment für die Vereinigung zweier Zellkerne sein könne. Denn dieser letztere Vorgang führt nicht stets zu einer Erhöhung der Teilungsfähigkeit der vereinigten Zellen; denn oftmals schließen die kopulierenden Individuen sich (bei den Protozoen) in eine Art Kapsel (Zyste) ein, in der sie unter Um-



Stammbaum der Lebewesen mit doppelter Wurzel.

ständen wochenlang ruhen können. Anderseits ist die Entwicklung eines neuen Individuums durchaus nicht an die Vereinigung von Ei- und Samenzelle gebunden. Unterwirft man unbefruchtete Eier einer bestimmten physikalisch-chemischen Behandlung, so teilen sie sich und entwickeln sich zu lebensfähigen Individuen, obwohl sie dies in der Natur

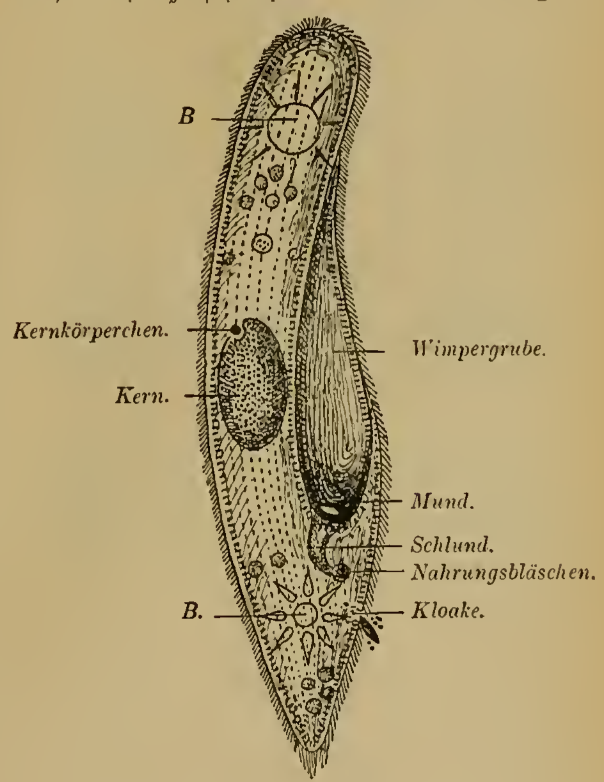
*) Naturw. Wochenschr., Bd. X, Nr. 35.

nicht tun würden, es hätte sich denn zuvor eine Samenzelle mit dem Ei vereinigt. Diese künstliche, z. B. von Loeb mit Seeigeleiern vorgenommene Parthenogenese zeigt, daß das Ei schon für sich allein die Möglichkeiten zur Bildung eines neuen Individuums besitzt. Das gleiche gilt auch für die Samenzelle; verschafft man ihr, der gewissermaßen das Material zur Teilung fehlt, den dazu tauglichen ansehnlichen Körper, so beginnt auch sie mit der Teilung. Boveri entfernte aus Eiern den Kern, ließ dann die Vereinigung des Eies mit einem Spermium, einer Samenzelle, eintreten und erhielt so normale Embryonen. Übrigens leistet die Natur überall da, wo sich Eier parthenogenetisch (ohne Befruchtung) entwickeln, dasselbe.

Auch die Annahme, daß die miteinander verschmelzenden Zellkerne (Gameten) von zwei Individuen stammen müßten, erweist sich als haltlos im Hinblick auf den Vorgang der sogenannten Autogamie, bei dem die Gameten entweder ganz nahe verwandt sind oder gar demselben Individuum angehören. Letzteres, die echte Autogamie (Selbstbefruchtung) kommt unter den einzelligen Lebewesen nicht selten vor. So bleibt denn als das Wesentliche des Befruchtungsvorganges nur dies übrig, daß zwei Zellkerne nach Verminderung ihres Bestandes an Stäbchen und Schleifen (Chromosomen) miteinander verschmelzen. Diese Kernvereinigung mit der zu ihr gehörigen Chromatinreduktion muß eine fundamentale Bedeutung für das Leben der Organismen besitzen. Es fragt sich nun, worin die Bedeutung dieses Vorganges, der das Wesentliche der Befruchtung bildet, besteht.

Zunächst weist Dr. Teichmann die von Prof. Weismann aufgestellte Befruchtungstheorie der Amphimixis oder zweiseitigen Vermischung zurück. Weismann sieht als Erfolg der Befruchtung die Vereinigung der Vererbungssubstanzen zweier verschiedenen Individuen, einzelliger oder vielzelliger an, und die Bedeutung dieses Vorganges liegt nach ihm in einer erhöhten Anpassungsfähigkeit der Organismen an ihre Lebensbedingungen, indem erst durch sie die gleichzeitige harmonische Anpassung vieler Teile möglich wird. Die Vereinigung zweier von verschiedenen Individuen stammender Anlagenkomplexe erzeugt nämlich immer neue Varianten, und damit wird der natürlichen Auslese eine Handhabe geboten, die vorteilhaftesten Variationsrichtungen zu begünstigen, die nachteiligen aber auszuscheiden. Die Weismannsche Theorie faßt also die Befruchtung als eine zweckmäßige Einrichtung auf; denn offenbar kann es für das Einzelwesen von Vorteil sein, wenn durch eine Kombination günstiger Eigenschaften seine Anpassungsfähigkeit an die Bedingungen, unter denen es zu leben hat, erhöht wird. Freilich gilt auch das Umgekehrte. Aber eben dieser Umstand, daß bei Kombination ungünstiger Eigenschaften das davon betroffene Individuum durch den Ausleseprozeß entfernt wird, schlägt für die Art zum Vorteil aus. Denn infolge der Ausschaltung der schlecht angepaßten und Erhaltung der gut angepaßten Individuen muß schließlich eine steigende Vervollkommnung der Art erreicht werden.

Im Gegensatz zu dieser teleologischen*) Wertung der Befruchtung suchen einige andere Theorien (Bütschli, Hertwig, Schaudinn) die Befruchtung als einen physiologisch notwendigen Vorgang zu begreifen. Nach Bütschli wäre die Bedeutung der Befruchtung ganz allgemein darin zu sehen, daß durch sie die infolge fortgesetzter, nicht ganz genau halbierender Teilungen entstehende Kernverschiedenheit ausgeglichen wird. Auch Hertwig faßt die Befruchtung als einen regulatorischen Vorgang auf. Das Verhältnis, welches zwischen Plasma und Kern der Zelle



Paramaecium oder Pantoffeltierchen, erlebt 2000 Generationen.
B = pulsierende Vakuolen oder Bläschen.

besteht, erleidet eine Störung, indem die Masse des Kernes fortwährend auf Kosten des Plasmas zunimmt. Hiedurch wird allmählich ein Zustand hervorgerufen, der jede Teilung unmöglich macht, wenn nicht eine Selbstregulation seitens der Zelle hervorgerufen wird. Die wichtigste Maßregel zur Herbeiführung einer solchen ist die Befruchtung, durch die der Kernapparat eine völlige Umgestaltung erfährt und die normale Beziehung zwischen Kern und Plasma wiederhergestellt wird. Nach dieser Theorie ist also die Befruchtung Bedingung für die Erhaltung des Lebenszusammenhanges; ohne sie müßte jedes Lebewesen dem natürlichen Tode anheimfallen.

Daß jedoch die ungeschlechtliche Fortpflanzung viele Generationen ohne Schädigung dauern kann, hat, wie hier als Einschaltung angeführt sei, L. Loß Woodruff**) durch einen Versuch er-

*) Teleologisch heißt: einen Zweck voraussetzend und diesen als Ursache gewisser (ihm vorhergehender) Vorgänge ansehend.

**) Archiv für Protistenkunde, Bd. 21 (1911), S. 263.

wiesen. Er nahm an, daß ein Zyklus, das periodische Steigen und Fallen der Teilungsgeschwindigkeit bei Infusorien, mit dem Absterben der Rasse enden müsse, wenn sie nicht durch Konjugation oder Veränderung des Mediums verjüngt werde. Um zu erproben, inwieweit der zyklische Charakter der Vermehrungsgeschwindigkeit sich dadurch ausschalten lasse, daß man die Infusorien fortwährend in andere Umgebung bringt, hat er ein solches, Paramaecium aurelia, in der Weise gezüchtet, daß er von einem einzigen Individuum ausging und dessen durch Teilung entstandene Nachkommen (natürlich nicht alle) in wechselnden Medien (Flüssigkeiten) weiter züchtete. So gelangte er im Laufe von 41 Monaten von dem „wilden" Einzelparamaecium bis zu dessen 2000ster Generation, ohne daß es je zur Konjugation kam. Im durchschnittlich 48 Stunden geschahen drei Teilungen, während mehrerer je zehn Tage währender Perioden stieg der Durchschnitt auf mehr als fünf Teilungen in 48 Stunden, sank aber niemals auf nur eine Teilung während einer Zehntageperiode herab. Bisher hat also diese Paramaecium-Kultur keinen Zyklus vollendet; alle durch die verschiedene Teilungsgeschwindigkeit angezeigten Änderungen in der Lebensenergie sind einfache Rhythmen, abhängig von irgend welchen uns unbekannten Faktoren im Stoffwechsel der Zelle. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Individuen der letzten Generation nach Gestalt und Lebensbetätigung ebenso normal erscheinen wie ihr Stammvater. Die Annahme Weismanns und anderer Physiologen von der Möglichkeit unbegrenzter Vermehrung der Protozoen wird durch die Tatsache, daß das Pantoffeltierchen sich ohne Konjugation und künstliche Reize dreieinhalb Jahre lang nur durch Teilung bis zur 2000sten Generation fortpflanzte, kräftig unterstützt.

Kehren wir nach dieser Abweichung zu dem Problem der Befruchtung zurück! Auch Schaudinn stellt in seiner Theorie die regulatorische Bedeutung des Vorgangs in den Vordergrund, läßt aber nicht, wie die vorgenannten, einen Unterschied in der Menge oder Quantität, sondern in der Zusammensetzung oder Qualität durch die Befruchtung beseitigt werden. Dieser qualitative Unterschied kann allerdings auch in der Gestalt (morphologisch) in Erscheinung treten und tut das gerade bei dem Falle, von dem Schaudinn ausging, wirklich. Er glaubte nämlich, bei Trypanosomen, den bekannten Erregern der Schlafkrankheit, drei Formen von Individuen nachweisen zu können, eine weibliche, eine männliche und eine indifferente. Trypanosomen besitzen zwei Kerne, einen lokomotorischen (der Bewegung dienenden), der als Blepharoplast (Wimperbildner) bezeichnet wird, und einen trophischen (der Ernährung dienenden). Der erstere soll bei den männlichen, der letztere bei den weiblichen Formen überwiegen; die unentschiedenen Formen nehmen eine Zwischenstellung ein. Die Bedeutung der Befruchtung besteht nun nach Schaudinn darin, daß durch Verschmelzung eines männlichen mit einem weiblichen Kerne die in ihnen vorhandenen Extreme ausgeglichen und so die Hemmungen der Vermehrungsfähigkeit, das Resultat der einseitigen Ausbildung der Geschlechtsindividuen, beseitigt werden. Die Befruchtung schafft also nach der Annahme indifferente, vermehrungsfähige Formen, bei denen sich die trophische und die lokomotorische Funktion die Wage halten. Auf diese Weise entgeht der Organismus der Vernichtung, der er anheimfallen müßte, wenn es unmöglich wäre, jene physiologische Einseitigkeit auszugleichen. Der Gegensatz von männlich und weiblich ist jedoch nach Schaudinn nicht absolut, sondern nur relativ. Jede Protisten- und auch jede Geschlechtszelle ist hermaphroditisch, nur das Überwiegen des vegetativen oder des animalischen Faktors verleiht ihr weiblichen oder männlichen Charakter.

Nach dieser Hypothese wäre also die sexuelle Differenzierung eine elementare, auf nichts Weiteres zurückzuführbare Tatsache. Es müßte angenommen werden, daß sich im Organismenreich zwei Gruppen von Qualitäten gegenüberständen, die eine charakterisiert durch die Ausdrücke trophisch, vegetativ, weiblich, die andere durch die Beiworte animalisch, lokomotorisch, männlich. Es wäre ferner vorauszusetzen, daß den Organismen von vornherein die Tendenz innewohne, sich in der einen oder der anderen Richtung speziell auszubilden, so daß fortwährend jene einen Ausgleich fordernden Extreme zu stande kämen. Wodurch aber der Zwang zur Ausbildung dieser Gegensätzlichkeit bedingt ist, das bliebe völlig im Dunkeln. Wird auf diese Weise die Sexualität zu einer elementaren Tatsache gemacht, so entzieht sie sich jeder weiteren Erklärung.

Teichmann glaubt jedoch einen Ausweg entdeckt zu haben, der überdies den Vorzug hat, ohne teleologische Erklärungsmomente auszukommen. Die Gegensätzlichkeit der Gameten (der Kopulationszellen) nämlich, die bei Schaudinn elementar ist, kann unter Zugrundelegung und Erweiterung der von Bütschli aufgestellten Theorie als rein mechanisch zu stande kommend angesehen werden. Zweifellos wird bei einer Kernteilung niemals eine mathematische Halbierung erreicht. Je zahlreicher nun die einander folgenden Teilungen der Abkömmlinge einer Zelle sind, desto differenter müssen die aus ihnen hervorgehenden Individuen werden, bis sie schließlich jene Gegensätzlichkeit erreicht haben, die, soll sie nicht zum Tode führen, eines Ausgleichs bedarf. Die so entstehende Gegensätzlichkeit muß aber nicht auf jene Eigenschaften beschränkt sein, die als trophisch und animalisch bezeichnet werden, sondern sie kann den gesamten Qualitätenkomplex eines Individuums treffen. Die Kernteilung geht ja so vor sich, daß jedes Chromosom sich spaltet und daher jeder Tochterkern alle in den Chromosomen angelegten Eigenschaften erhalten muß. Nur können diese Eigenschaften infolge einer nicht mathematisch genauen Halbierung in den beiden Tochterkernen verschieden stark vertreten sein. Steigert sich diese Verschiedenheit im Laufe zahlreicher Teilungen ins Extrem, so werden die Zellen einerseits durch Hypertrophie (Überernährung), andererseits durch Atrophie funktionsuntüchtig, und es muß der in einer Verschmelzung zweier Kerne vor sich gehende Ausgleich erfolgen. Auf diese Weise würde die Kernverschmelzung als Ausgleich einer mechanisch bedingten, allgemeinen qualitativen Ungleichheit erscheinen, und es würde unnötig, zu ihrer

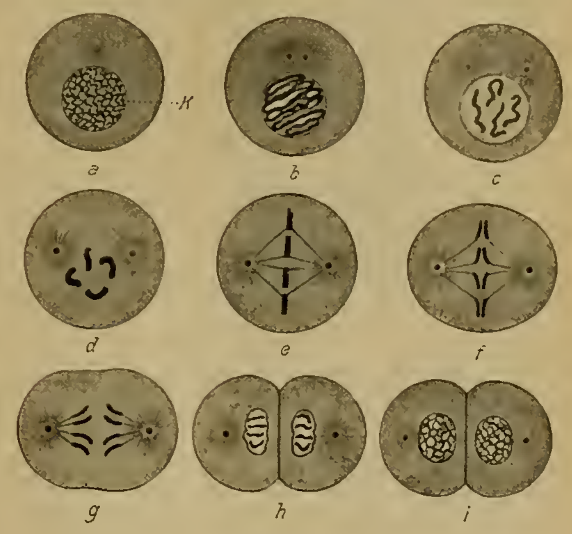
Deutung die etwas mystische Apriorität eines Gegensatzes von männlich und weiblich heranzuziehen.

Daß in den Zellkernen trotz ihrer Winzigkeit die Anlagen zur Hervorbringung qualitativer Ungleichheiten vorhanden sind, zeigt eine Arbeit von Prof. A. Kossel in Heidelberg,*) über die chemische Beschaffenheit des Zellkerns. Nachdem man entdeckt hatte, daß die verschiedenartigsten zelligen Gebilde und formlosen Protoplasmen neben den Proteinstoffen die Nukleine, die Lezithine, die Cholesterine und endlich Salze des Kaliums enthalten, gelang es später, auch den Zellkern in den Bereich dieser Untersuchungen zu ziehen. Man hatte hier ein Organ der Zelle vor sich, dessen Ausbildung und Funktion mit den allgemeinen Lebensprozessen zusammenhängen muß. Das ließ sich schon aus den Gestaltsverhältnissen schließen und aus den Formänderungen, mit denen der Zellkern die Vorgänge der Zellteilung einleitet und begleitet, Vorgänge, die in verschiedenen Teilen des Tier- und Pflanzenreiches wiederkehren und von Spezies und Gruppe sowie von deren Stellung im System der Organismenwelt grundsätzlich unabhängig sind. Zu den morphologischen Eigentümlichkeiten des Zellkerns gesellten sich chemische. Vor allem zeigte sich, daß das „Nukleïn" oder die „Nukleïnstoffe" dem Zellkern eigentümlich sind; ferner, daß sie einem bestimmten Teil der Kernsubstanz zugehören, der sich bei den Umformungsvorgängen in sehr eigentümlicher Weise aussondert, und der wegen seines Verhaltens zu gewissen Farbstoffen den Namen Chromatin erhalten hat. Aus ihm gehen die Chromosomen hervor. Die Chromatinsubstanz des Zellkerns setzt sich aus zwei Bestandteilen zusammen, deren einer reich an gebundener Phosphorsäure ist und saure Eigenschaften zeigt, deren zweiter einen Eiweißkörper mit basischen Eigenschaften darstellt. Beide Bestandteile zeigen in ihrem chemischen Bau eine bemerkenswerte Ähnlichkeit, die auf der eigentümlichen Anhäufung von Stickstoffatomen beruht. Durch diese chemische Struktur werden die Chromatingebilde von den übrigen Bestandteilen der Zelle scharf unterschieden, und diese Beschaffenheit muß offenbar mit der Funktion der Chromatinstoffe zusammenhängen. Diese stickstoffreichen und phosphorhaltigen Atomgruppen sind es, deren Ablagerungsstätten in den Chromiolen bei der Zellteilung zuerst in Bewegung gesetzt werden, und deren Übertragung auf andere Zellen einen wesentlichen Teil des Befruchtungsvorganges ausmacht.

Die Wissenschaft steht hier vor Aufgaben, die nur durch Zusammenwirken verschiedenartiger Forschungsmethoden ihrer Lösung entgegengebracht werden können. Die Vertreter morphologischer Wissenschaften erblicken unter dem Mikroskop ein in der Zelle abgelagertes Gebilde und studieren die Abhängigkeit seiner Form von den Zuständen des Elementarorganismus. Der Biochemiker versucht die Zusammensetzung dieses Gebildes, seine Stellung im chemischen System und damit zugleich seine Beziehung zu anderen chemischen Bestandteilen der Zelle zu ergründen, eine Aufgabe, zu deren Lösung die Theorien der Strukturchemie, die Hilfe synthetischer Methoden erforderlich sind. So ist eine Fülle von Methoden und Forschungszweigen bemüht, dem Rätsel der Fortpflanzung bis auf seinen wahren Kern nachzugehen und hier seine Lösung zu entdecken.

*) Naturw. Rundsch., 1911, Nr. 18.

Das überaus wichtige und interessante Problem der Geschlechtsbestimmung versucht Dr. Fischer, Seiffen, der Lösung näher zu bringen.*) Schon mehrmals ist auf Grund praktischer Erfahrungen, von denen einige aufgeführt werden, die Behauptung aufgestellt worden, daß sich das Geschlecht des schwächeren der beiden Eltern vererbe. Dr. Fischer bezieht sich besonders auf die von J. Thumm angestellten Experimente mit lebendgebärenden Süßwasserfischen (Kärpflingen), durch welche nachgewiesen wurde, daß von diesen Tieren ältere starke Weibchen, gepaart mit jüngeren und daher schwächeren Männchen, in der Nachkommenschaft vorwiegend Männchen, bei umgekehrter Paarung vorwiegend Weibchen brachten. Auch die Paarung gleichaltriger, nur verschieden groß gewordener Tiere führte zu dem gleichen Ergebnis. So ergaben in der Nachkommenschaft:



Neun Stadien der Teilung eines Zellkerns K und der in ihm enthaltenen Chromosomen.

fünf große Weibchen mit einem halbgroßen Männchen 85% Männchen,

fünf mittelgroße Weibchen mit einem mittelgroßen Männchen 55% Männchen; aber

fünf große Weibchen mit einem übergroßen spätreifen Männchen 76% Weibchen,

fünf mittelgroße Weibchen mit einem übergroßen spätreifen Männchen 92% Weibchen.

Diese Ergebnisse scheinen demnach auch hinsichtlich der Geschlechtsbestimmung der Kärpflinge dafür zu sprechen, daß sich das Geschlecht des Abkömmlings nach dem schwächeren der beiden Eltern richtet, mit der Einschränkung natürlich, daß die Keimzellen selbst ein und desselben Individuums nicht sämtlich als unterschiedslos gleich angesehen werden können, vielmehr innerhalb gewisser Gren-

*) Naturw. Wochenschr., 1911, Nr. 3.

zen voneinander different, einzelne daher auch schwächer bezw. kräftiger entwickelt sein werden.

Diese anscheinend paradoxe Auffassung, daß das Geschlecht des schwächeren der beiden Eltern sich vererbe, sucht Dr. Fischer zu erklären. Wir wissen, daß sich bei den Bienen aus den Eiern der unbefruchteten Königin oder einer sie vertretenden großen Arbeiterin nur männliche Bienen, die Drohnen, entwickeln. Sicherlich sind diese unbefruchteten Eier nicht ausschließlich männlich angelegt, gewiß enthalten sie neben männlichen auch weibliche Vererbungselemente. Andernfalls müßten ja die Spermazellen der Drohnen ebenfalls nur männliche Tendenz zeigen; dies ist aber ausgeschlossen, da ja gerade aus den durch diese Samenzellen befruchteten Königineiern nur Weibchen hervorgehen. Deshalb werden auch in den unbefruchteten Bieneneiern nicht nur männliche, sondern auch weibliche Elemente anzunehmen sein. Es wäre nur noch festzustellen, in welchem Zahlenverhältnis beide zueinander stehen. Wären außer ungeschlechtlichen gleich viel männliche und weibliche Elemente vorhanden, so müßten aus den unbefruchteten Bieneneiern entweder Zwitter oder etwa zur Hälfte männliche, zur Hälfte weibliche Individuen hervorgehen. Es bilden sich aber tatsächlich nur männliche aus. Setzten dagegen außer ungeschlechtlichen Elementen fast nur männliche mit nur sehr wenigen weiblichen Elementen die Bieneneizelle zusammen, so könnten in dem unbefruchteten Bienenei wegen Mangels an weiblichen Elementen bestenfalls nur die ersten Stadien der Entwicklung bis zur Furchung oder höchstens bis zur Larvenform durchlaufen werden, keinesfalls aber aus ihm bereits vollentwickelte männliche Individuen hervorgehen. Wir sind daher zu der Annahme genötigt, daß in den unbefruchteten Bieneneiern zwar die männliche Tendenz vorherrscht, jedoch nur bis zu dem Grade, daß eben noch Männchen daraus hervorgehen, während in den befruchteten Bieneneiern wiederum die weibliche Tendenz nur so weit dominiert, daß geschlechtlich verkümmerte Weibchen hervorgebracht werden.

In allen Fällen, wenn bei niederen Tieren etwa unbefruchtete Eier neue Individuen hervorgehen lassen, ist also anzunehmen, daß in solchen Eiern bereits männliche und weibliche Elemente entweder in fast gleicher oder völlig gleicher Anzahl vorhanden sind, daß sie also gleichsam innerlich befruchtet sind und nur noch der nötigen Wärme oder vielleicht noch des Sauerstoffzutritts von außen bedürfen, damit die vollständige Entwicklung vor sich gehe.

Welche Ansicht hätten wir uns nun hinsichtlich der Geschlechtsbestimmung der Eizellen und Samenzellen der Kärpflinge zu bilden, über welche zurzeit allein experimentelle Untersuchungen vorliegen? Zweifellos wird ein kräftigeres Individuum kräftigere, ein schwaches schwächere Keimzellen produzieren. Die oben angeführten Thummschen Versuchsergebnisse sprechen dafür, daß in den Eizellen der weiblichen Kärpflinge die männliche, in den Spermazellen der Männchen die weibliche Tendenz dominiert. Die Keimzellen der Kärpflinge sind von denen der Bienen u. a. allerdings insofern unterschieden, als in der unbefruchteten Eizelle eines Kärpflings die männlichen Elemente die weiblichen derart an Zahl übertreffen, daß eine spontane Entwicklung über die ersten Stadien hinaus ausgeschlossen ist.

Diese Auffassung steht auch mit dem, was der Entwicklungsverlauf eines befruchteten Wirbeltiereies lehrt, durchaus im Einklang.

Jedes durch Vereinigung eines Eikerns mit einem Samenzellenkern befruchtete Wirbeltierei, das also nicht nur die Elemente des Ei-, sondern auch des Spermakernes enthält, durchläuft ein Zwitterstadium, in dem anfänglich männliche und weibliche Geschlechtsbildungen in gleicher Zahl und Stärke zur Entfaltung kommen, bis endlich von einem gewissen Zeitpunkte ab die einen, z. B. die weiblichen Geschlechtsbildungen, teils auf ihrer niedrigen Entwicklungsstufe verharren, teils sich noch weiter zurückbilden. Aus dem Organismus können die Elemente dieser rudimentär werdenden weiblichen Anlagen keinesfalls verschwunden sein. Dagegen spricht schon das gelegentliche, wenn auch seltene Vorkommen echter Zwitter. Wenn also zum Aufbau eines männlichen Individuums außer ungeschlechtlichen und männlichen Elementen selbst noch ein großer Teil weiblicher Elemente mit zur Verwendung kommt, so bleibt doch ein weit größerer Rest weiblicher als männlicher Elemente unverbraucht zurück, oder mit anderen Worten: in den Spermazellen finden sich außer ungeschlechtlichen beträchtlich mehr Elemente mit weiblicher als mit männlicher Tendenz vor, und umgekehrt in den Eizellen.

Wie der Verfasser diese Annahmen zur Erklärung einiger mit der Geschlechtsbestimmung in Beziehung stehender Tatsachen benutzt, z. B. der Geschlechtsverhältnisse beim Bingelkraut, und der Erscheinungen, die bei Kastration auftreten, kann hier leider nicht näher ausgeführt werden.

Darwinistische Probleme.

Die Frage, ob während des individuellen Daseins erworbene Eigenschaften vererbbar sind oder nicht, beschäftigt fortgesetzt die Biologen und Physiologen. Dr. Paul Kammerer, der diese Frage zum Gegenstand eingehenden experimentellen Studiums gemacht hat, gibt seine Ansicht darüber zum Schlusse einer Arbeit über Vererbung künstlicher Zeugungs- und Farbenveränderungen*) mit folgenden Sätzen wieder:

Die Verläufe der planmäßigen Zuchten zeigen nicht nur von neuem den bisher weit unterschätzten umgestaltenden Einfluß der Außenwelt und die Häufigkeit der Vererbung erworbener Eigenschaften; sie zeigen auch die Umkehrbarkeit verschiedener Lebensvorgänge, insbesondere der Formbildungsprozesse. Die Eileiter der lebendgebärenden Bergeidechse gewinnen die offenbar durch das Lebendiggebären verlorene Fähigkeit zurück, für die sonst nicht zur Ablage und zum Nachreifen im Freien bestimmten Eier eine vor Austrocknung und Ver-

*) Die Umschau, 1910, Nr. 7.

letzung schützende Schale abzusondern. Grüne und graue, gefleckte und gestreifte Eidechsen können durch gewisse äußere Einflüsse (Hitze und Trockenheit, düstere Bodenfarbe) bis zum einfarbigen Schwarz verdüstert werden; ebenso können aber einheitlich schwarze Eidechsen genau durch die entgegengesetzten Einflüsse wieder in ihr ursprüngliches Grün und Grau aufgehellt werden, wobei die Zeichnung getreu ihrer ursprünglichen Verteilung wiederkehrt. Es handelt sich hiebei nicht um einen raschen Farbwechsel, wie beim Chamäleon, gewissen Fröschen und Fischen, nicht um den sogen. „physiologischen" Farbwechsel, der nur durch Zusammenziehung und Ausdehnung der dabei konstant bleibenden Farbstoffmenge entsteht, sondern um einen sehr langsamen „morphologischen" Farbwechsel, der auf Vermehrung, Verminderung und Umfärbung der Pigmentmassen beruht.

Zu den Beispielen für den umgestaltenden Einfluß der Außenwelt und die Vererbung erworbener Eigenschaften, die früher schon (Jahrb. VI, S. 113) aus einer älteren Arbeit Kammerers angeführt wurden, sei hier ein weiteres beschrieben. Schon bei den Eiern der normalerweise lebendige Junge legenden Bergeidechse beobachtete Dr. Kammerer, daß sie, wenn sie eine festere Hülle erhalten, etwas weniger langgestreckt werden als zu der Zeit, da sie nur von der Eihaut umgeben waren. Noch besser ist diese mit der Schalenverdickung Hand in Hand gehende Rundung der Eiform bei der Wieseneidechse (Lacerta serpa, Südeuropa) zu sehen. Diese Eidechse legt schon normalerweise pergamentschalige Eier von länglicher Gestalt. Hält man sie in Temperaturen von 30 bis 35°, oder bei übermäßiger Trockenheit, so wird sie binnen Jahresfrist ganz schwarz. Schon die während der ersten Legeperiode erscheinenden Eier sind dickschaliger geworden, und ihr Querdurchmesser hat auf Kosten des Längsdurchmessers zugenommen; doch ist die Schale immer noch nachgiebig, läßt sich eindrücken und wird wieder prall. Die zweite, spätestens dritte in der Hitze verbrachte Legeperiode bringt aber eine so reichliche Kalkablagerung zu stande, daß nunmehr hartschalige Eier sich ergeben, die zugleich kugelrunde Gestalt zeigen. Die aus solchen Eiern ausgeschlüpften Jungen legen abermals hartschalige Eier, auch wenn sie unter den Bedingungen der Kontrollzucht, welche weichschalige Eier zur Folge hat, gehalten werden. Bringt man durch Hitze künstlich geschwärzte Tiere in gemäßigte Lebensbedingungen zurück und läßt sie Eier legen, so sind zwar die Jungen mehrere Wochen nach dem Ausschlüpfen fast noch so hell wie normale, werden aber später dennoch sehr dunkel, kaum weniger als ihre Eltern es geworden waren.

In einer mit farbigen Tafeln und zahlreichen Abbildungen ausgestatteten Broschüre*) gibt Dr. Kammerer alle teils von ihm selbst, teils von anderen angestellten Experimentalstudien, die sich auf die Erblichkeit künstlich erzielter Abänderungen beziehen, wieder.

*) Beweise für die Vererbung erworbener Eigenschaften durch planmäßige Züchtung. (12. Flugschaft der deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde. Berlin 1910.)

Leider ist mit diesen sehr interessanten und gelungenen Experimenten die Frage nach einer Vererbung erworbener Eigenschaften nicht erledigt, da, wie schon im vorigen Jahrgang (Jahrb. IX, S. 129) von Dr. E. Fischer und W. L. Tower dargelegt wurde, der die individuellen Eigenschaften umgestaltende Reiz der Außenwelt auch auf das Keimplasma einwirken kann, ja nachgewiesenermaßen dieses allein ohne Veränderung des elterlichen Körpers verändert. Diese unsichtbare, erst bei den Nachkommen in Erscheinung tretende Be-



Hitzveränderungen der Wieseneidechse: oben links Normaltier, rechts künstlich geschwärzt, unten links normales Ei, in der Mitte Ei aus erster Legeperiode in der Hitze, rechts hartschaliges Ei aus zweiter bis dritter Legeperiode.

einflussung des Keimplasmas läßt sich nicht als Vererbung einer durch Gebrauch oder sonstwie erworbenen Eigenschaft bezeichnen.

Darauf erwidert in einer sehr ausführlichen und gediegenen Arbeit (Gibt es eine Vererbung erworbener Eigenschaften?) Hugo Fischer-Berlin*) etwa folgendes: Jener Einwand der nur direkten Einwirkung auf die Keimzellen ist zunächst gar nicht bewiesen. Es ist sogar höchst wahrscheinlich, daß der veränderte Stoffwechsel des elterlichen Organismus die eigentliche Ursache der Abänderung ist, auch wenn dieser Organismus keine äußere Veränderung erkennen läßt. Ferner ist wenigstens innerhalb des Pflanzenreiches kaum abzusehen, wie denn anders neue Formen überhaupt hervorgerufen werden sollen, wenn nicht durch Faktoren, die auf Soma und Keimzellen gleichzeitig wirken, auf die Keimzellen freilich meist indirekt, auf dem Umwege durch das Soma (den Pflanzenleib). Die Pflanze ist derart an ihren Standort und dessen Verhältnisse

*) Naturw. Wochenschr., Bd. IX, Nr. 47 u. 48.

gebunden, daß irgend welche natürlichen Einwirkungen gar nicht im stande sind, Soma oder Keimplasma für sich allein zu treffen. Verwickelter liegen ja die Dinge im Tierreich, wo Bewußtsein und Intelligenz mit hineinspielen, deren Sitz natürlich im Soma allein zu suchen ist. Diejenigen Eigenschaften, die mit dem Aufsuchen der Nahrung, der Abwehr von Feinden, dem Kampfe um die Weibchen usw. zusammenhängen, sind wohl ebenso wie zum Teil entsprechende Erscheinungen im Pflanzenreich (z. B. Schutzvorrichtungen gegen Tierfraß, Bestäubungseinrichtungen u. a.) durch Mutation, nicht durch Vererbung neu erworbener Charaktere entstanden.*)

Die nach Weismanns Vorgang gerade von den Zoologen durchgeführte scharfe Trennung von Soma und Keimzellen läßt sich nicht durchweg aufrecht erhalten. Im Pflanzenreiche sind, im Gegensatz zu der überwiegenden Mehrheit der Tiere, die Organe der sexuellen Fortpflanzung nicht die einzigen Organe der Vermehrung. Gerade die vegetative Propagation spielt unter den höheren Pflanzen keine geringe Rolle; selbst wo keine besonderen Organe dafür vorhanden sind, ist jede Zweigspitze, als Sitz embryonalen Gewebes, befähigt, zu einem neuen Einzelwesen zu werden oder, am Stocke belassen, unter geeigneten Bedingungen Blüte und Frucht zu bilden. Sogar Blätter (von Begonie, Schaumkraut, Bryophyllum) können junge Pflanzen erzeugen. Im Gegensatz zum Tierreich, wo schon mit den ersten Zellteilungen die Trennung eingeleitet wird, ist also bei den Pflanzen die Keimsubstanz durch den ganzen Organismus verteilt, überall in innigster Berührung mit dem somatischen Plasma, so daß wirklich nicht einzusehen ist, warum nicht Änderungen des somatischen Stoffwechsels auf das Keimplasma sollten Einfluß üben können, während anderseits an irgend welche äußere Einwirkung auf die Pflanze, die nicht ihren Stoffwechsel berührte, nach unserer Kenntnis im Ernst nicht gedacht werden kann.

Gerade auf dem Gebiete des Stoffwechsels liegen nun aber einige sehr deutliche Beispiele für Vererbung erworbener Charaktere vor. Es wurden z. B. durch Gewöhnung eines Schimmelpilzes (Aspergillus albus) an bestimmt zusammengesetzte Nährlösungen eigenartige Gestaltsveränderungen herbeigeführt, die um so länger erhalten bleiben, je länger die Einwirkung gedauert hatte, aber doch nach einigen Generationen wieder zurückgingen, wenn die Konidien (Staubsporen des Pilzes) wieder auf dem alten Nährboden ausgesät wurden. Derartige Versuche beweisen, daß gerade durch Einwirkungen auf den Stoffwechsel erbliche Abänderungen hervorgerufen werden können. Auch auf dem Wege der Verwundung von Pflanzen ist es neuerdings Blaringhem gelungen, erbliche Abänderungen zu erzielen. Er brachte z. B. dadurch, daß er eine größere Anzahl von Maispflanzen während der Zeit lebhaftesten Wachstums mitten durchschnitt oder der Länge nach spaltete, bei den sich neubildenden Trieben in einigen Fällen (die meisten wuchsen normal) eigenartige Abweichungen zu stande. Diese erwiesen sich als entweder teilweise (Halbrassen) oder vollkommen erblich. Unter den verschiedenen Formen waren die drei auffallendsten: eine forma androgyna mit typisch zweigeschlechtigen Blütenständen, männliche und weibliche Blüten, die beim einhäusigen Mais sonst streng getrennt sitzen, gemischt; eine forma pendula mit senkrecht nach unten geneigtem Sproßgipfel; eine streng erbliche forma praecox, die höchstens 0·90 Meter (gegen 2 Mter der Stammform) Höhe erreichte und mehrere Wochen vor den übrigen Stöcken blühte, so daß sie sich hinsichtlich der Bestäubung schon von selbst isolierte.

Vielfach wird freilich die Frage, ob das nun eine Vererbung erworbener Eigenschaften sei, verneint werden, jedoch, wie Fischer des längeren nachweist, mit Unrecht. Es ist allerdings nicht die Verwundung selbst vererbt worden, wohl aber diejenigen Eigenschaften, die, als direkte Wirkung der Verwundung, an den nach Entfernung des Hauptsprosses bezw. der Primärblüten hervorsprossenden Neubildungen hier eben als neue Eigenschaften auftraten. Es sind also ebensowohl künstlich hervorgerufene, wie erbliche neue Merkmale. Auch die Mutation, die erbliche Abänderung, läßt sich als eine Wirkung von Störungen des normalen Stoffwechsels auffassen, so daß man schließlich nicht ohne Grund sagen kann, daß schließlich alle Mutationen auf Vererbung neu erworbener Eigenschaften beruhen, wohlgemerkt wenn man solche Bezeichnung auch für des Erwerben während der Sexualzellen- und Embryonalperiode zuläßt.

Eines Einwands sei noch gedacht, der gegen alle dem veränderten Stoffwechsel zu dankenden Abänderungen vorgebracht werden könnte, und nicht einmal zu Unrecht: Es könnte in solchen Fällen keine eigentliche Vererbung durch die Sexualkerne, sondern nur eine spezifische Ernährung der heranreifenden Embryonen durch den mütterlichen Organismus vorliegen; gerade hier liegt ja die Stoffwechselbeziehung klar zu Tage.

Im Anschluß an die Ausführungen Hugo Fischers sucht Medizinalrat v. Hansemann*) die Sache noch zu verdeutlichen, indem er, anknüpfend an die vererbbaren, durch Kälte oder andere Reize hervorgebrachten Variationen bei Schmetterlingen (Jahrb. IX, S. 129), folgendes ausführt: Wenn Temperaturunterschiede die Farbe der Schmetterlingsflügel verändern, so kann man unmöglich sagen, man habe die Farbe der Flügel verändert, durch diese Farbenveränderung die Keimzellen beeinflußt, und nun sei diese Farbenveränderung auf Nachkommen übertragen worden. Die Farbenveränderung der Flügel war ja in dem Experiment nicht einmal eine gewollte, sondern es hat sich zufällig herausgestellt, daß, wenn man die Tiere im Puppenstadium erwärmt oder abkühlt, eine Farbenveränderung eintritt. Damit ist bewiesen, daß die Farbe der Flügel eine besonders

*) Unter Mutationen versteht man sprungweise auftretende, erhebliche Abänderungen (Variationen), die sich vererben und besonders im Pflanzenreich (de Vries) nachgewiesen sind (s. Jahrb. II S. 182).

*) Naturw. Wochenschr., 1911, Nr. 1 u. Nr. 11. (Zustimmung H. Fischers.)

labile Eigenschaft der betreffenden Schmetterlinge ist, und wenn dieselbe in dieser Weise variationsfähig ist, so werden auch die Anlagen für die Flügel in der Eizelle variationsfähig sein. Die Beeinflussung durch die Temperatur trifft also gleichzeitig beide Teile, die Flügel und die Stelle im Ei, die den späteren Flügeln entspricht, oder sie betrifft eine andere Funktion des Körpers, aus der sich gleichzeitig die Veränderung der Flügelfarbe und die Veränderung der Anlage der Flügel im Ei ergibt. Aber sie trifft nicht zuerst die Flügel und dann durch deren Vermittlung die Keimzellen. Eine solche Anschauung wäre ganz irrtümlich, und auch Fischer hat sie nicht.

Dr. Kammerer hat gelegentlich (siehe oben) auf die Tatsache der Umkehrbarkeit verschiedener Lebensvorgänge hingewiesen. Ausführlicher und in erweiterter Bedeutung hat diese Erscheinung Dr. Th. Arldt in dem Aufsatz „Rückläufige Entwicklung" behandelt,*) wobei er einige schöne Beispiele für diesen Vorgang aufführt.

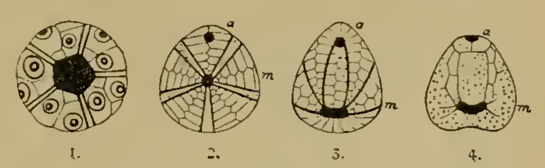
Wenn wir an eine Entwicklung denken, so neigen wir von vornherein zu der Vorstellung, daß sie im großen und ganzen immer in derselben Richtung erfolgt ist. Das ist jedoch nicht immer der Fall. Die Entwicklung scheint manchmal Wege einzuschlagen, die den gewöhnlichen entgegengesetzt sind; es kommt dann zu einem nicht geradlinigen, sondern in periodischen Schwankungen erfolgenden Vorwärtsschreiten, dessen Weg Dr. Arldt mit einer Art Schraubenlinie vergleicht. Diese kommt nach einer Umkreisung der Achse und Ablauf einer Periode dem Ausgangspunkt wieder nahe, aber sie steigt doch dauernd. Paläontologische Befunde zeigen uns, daß nicht nur in der Erdgeschichte, sondern auch in der Geschichte der Organismen Zeiten der ruhigen Entwicklung mit solchen fast sprunghaften Fortschreitens wechseln.

Ein Beispiel rückläufiger Entwicklung ist das Verschwinden einer äußeren Beschalung oder eines Hautskeletts. In diesem Rückgange der Beschalung haben wir zweifellos eine rückläufige Entwicklung zu erkennen; denn wenn wir annehmen, daß alle Lebewesen aus einfachsten Protisten hervorgegangen sind, so müssen doch diese Urwesen unbeschalt gewesen sein, ihre Nachkommen diese äußeren Hartgebilde allmählich erworben haben, um sie später wieder einzubüßen.

Dr. Arldt weist einen Rückgang der Hautbedeckung bei den Knochenfischen nach, die wahrscheinlich auf die noch recht kräftig beschuppten jüngeren Ganoiden zurückzuführen seien, ferner bei den Stegozephalen, den Amphibien und Reptilien. Treffende Beispiele für rückläufige Entwicklung besitzen wir in der Beschalung der Mollusken. Die primitivsten Gruppen derselben besitzen schon eine Schale, und die nackten oder rudimentär beschalten Formen, z. T. den höchstorganisierten Gruppen angehörig, haben ihre Nacktheit erst nachträglich durch Verlust der Schale erworben. Auch bei den Stachelhäutern läßt sich teilweise eine Verminderung der Beschalung erkennen, und ähnlich bei manchen Korallen. Erwähnt sei ferner, daß auch die Kalkalgen eine ähnliche Entwicklungstendenz zeigen, indem die alten Formen solide Gehäuse besitzen, während sie bei einigen lebenden Gattungen in einzelne Stücke gegliedert sind. Das Vorhandensein einer rückläufigen Entwicklung in verschiedenen Gruppen der Organismen ist also zweifellos festgestellt. Nacktheit können wir also nicht ohne weiteres als primitives Merkmal ansehen, dürfen andererseits aber auch nicht ins andere Extrem verfallen und alle nackten Formen von beschalten ableiten wollen.

*) Ztschr. f. d. Ausbau der Entwicklungslehre, Bd. III, Heft 10/12.

Ein weiteres Beispiel für rückläufige Entwicklung ist die Seßhaftigkeit. Die ältesten Organismen müssen freischwimmend gewesen sein. Einige ihrer Nachkommen haben sich am Meeresgrund verankert, die normale Entwicklungslinie führt also von der freien Bewegung zur Seßhaftigkeit. Es gibt aber auch freie Formen, die auf seßhafte zurückgeführt werden müssen, wofür die Quallen wohl das bekannteste und auffälligste Beispiel bilden; sie stehen z. T. im Generationswechsel mit



Rückläufige Ausbildung der zweiseitigen Symmetrie bei den Seeigeln. (Ansicht von unten.) m Mundöffnung, a After.

1. Cidaris, Typus eines regulären Seeigels. After dem Mund diametral gegenüber.
2. Echinoconus, 3. Ananchytes, 4. Microper, } Typen der irregulären Seeigel mit zunehmender Symmetrie.

den festgewachsenen Polypen. Die aus dem Ei geschlüpften Larven schwimmen zuerst frei im Wasser herum, senken sich, ein wenig gewachsen, auf den Meeresboden herab und wachsen zu Polypenstöcken heran, aus denen durch weitere Sprossung die Geschlechtswesen, die Quallen, hervorgehen; sie lösen sich los und schwimmen frei ins Meer hinaus. Diese Entwicklung des Einzeltieres gibt ein treues Abbild ihrer Stammesgeschichte. Durch ihren strahligen Bau und ihre Ausrüstung mit Fangarmen oder Fangfäden verraten derartige Meeresbewohner ihre Abkunft. Ein solcher Bau ist für ein festgewachsenes Tier sehr zweckmäßig, denn es ist so am besten im stande, den Raum möglichst weit gleichmäßig zu beherrschen. Für ein frei bewegliches Tier ist der zweiseitig-symmetrische Bau der zweckmäßigere; bei ihm finden wir eine ausgeprägte Längsachse, ein ausgesprochenes vorn und hinten.

Unter den Stachelhäutern haben wir treffende Beispiele für rückläufige Entwicklung bei den Seelilien, wo sie ähnlich wie bei den Quallen vor sich geht. Die anderen Echinodermen (Stachelhäuter) kennen wir nicht als festgewachsene Formen, doch macht der strahlige Bau der Seeigel, Seesterne und Schlangensterne ganz den Eindruck, als seien auch sie aus seßhaften Formen hervorgegangen, die uns nur noch völlig unbekannt sind. Die Seeigel zeigen im Laufe ihrer geologischen Entwicklung deutlich die Tendenz, von dem strahligen zum zweiseitig-

symmetrischen Bau überzugehen. Anderseits sind aber auch nach der herrschenden Ansicht die Vorfahren der Echinodermen zweiseitige Tiere gewesen, so daß auch hier möglicherweise eine in gewissem Sinne rückläufige Tendenz vorliegt.

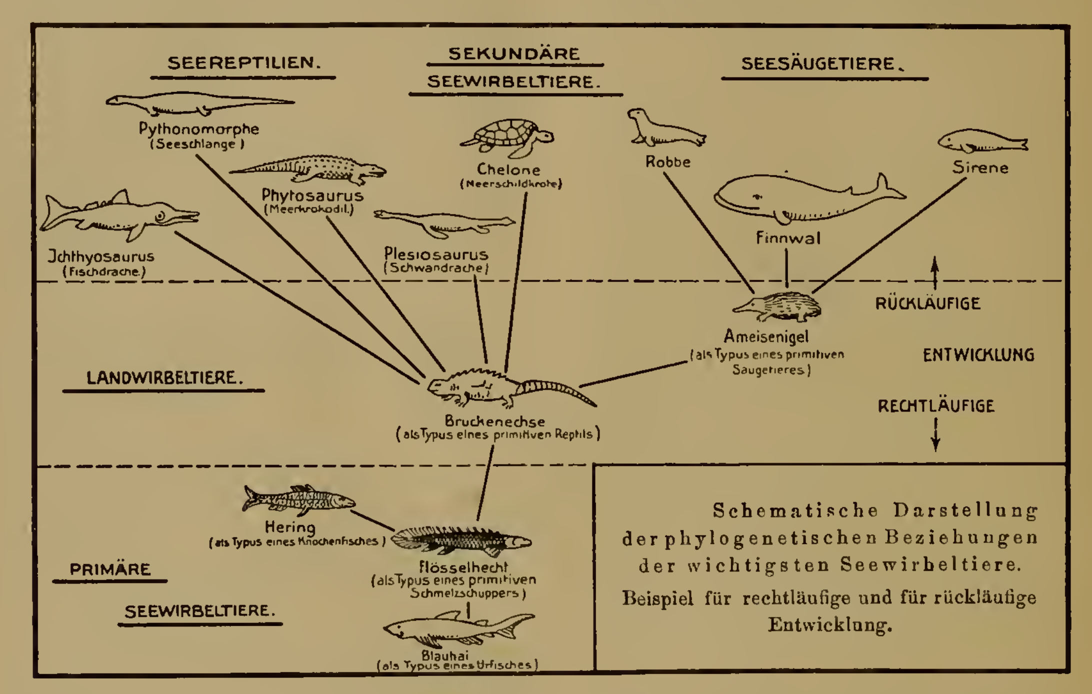
Unzweifelhaft mit rückläufiger Entwicklung haben wir es zu tun, wenn ursprüngliche Flugtiere das Fliegen aufgeben und zu Landtieren werden, wofür sich außerordentlich zahlreiche Beispiele anführen lassen, besonders aus der Klasse der Vögel und unter den Insekten. Die Vögel sind zum Landleben zurückgekehrt besonders auf Inseln, auf denen der Mangel an gewandten Raubtieren ihnen dies ohne Gefahr ermöglichte. In der Regel ist dieser Übergang von einem Größenwachstum und einer Auflösung des dichten Federkleides begleitet. Außer fossilen Formen lassen sich die noch lebenden Emus und Kasuare des Australfestlandes und Neuguineas, die Kiwis und Moas Neuseelands, verschiedene Rallen aus der ozeanischen Inselwelt, die afrikanischen und südamerikanischen Strauße dafür anführen. In Südamerika haben sich vielleicht auch die Pigniue entwickelt, die zu Meerestieren geworden sind und ihre Flügel in Flossen umgewandelt haben, die weiteste Durchführung rückläufiger Entwicklung in der Klasse der Vögel.

Die rückläufige Entwicklung der geflügelten Insekten zu flugunfähigen Formen läßt sich durch zahlreiche Beispiele belegen und ist schon von Wallace dadurch erklärt worden, daß fliegende Insekten auf Inseln Gefahr laufen, von Stürmen ins Meer getrieben zu werden.

Wenn auch neuerdings mehrfach der Versuch gemacht worden ist, den Ursprung resp. die Heimat des Lebens auf dem festen Lande nachzuweisen, so sind die Beweise dafür doch noch nicht so überzeugend, daß man nicht der alten Anschauung noch treubleiben und die Landorganismen von Wasserlebetieren ableiten könnte. Dann aber bedeutet der Übergang vom Lande zum Wasser eine rückläufige Entwicklung, die sich auch dadurch kennzeichnet, daß sie sehr oft von einem Herabsinken der Organisationshöhe, von einer Annäherung an niedere Formen begleitet ist. Beispiele, in denen Landorganismen ins Süßwasser übergegangen sind, begegnen uns unter den Säugetieren (Fischotter, Wasserspitzmaus, Schnabeltier, Biber u. a.), den Reptilien (Krokodile, Schildkröten), Schlangen (die Süßwasserschlangen u. a.), Eidechsen (Warane). Bei den Amphibien ist dann eine rückläufige Entwicklung anzunehmen, wenn die Tiere auch im erwachsenen Zustande im Wasser leben, da der Amphibientypus auf dem Lande entstanden sein muß (Wasserfrösche, Unken, Wassermolch u. a.). Bei den Vögeln finden wir wie bei den Säugetieren manche amphibische, aber nicht eine einzige Form, die ganz ins Süßwasser zurückgekehrt wäre. Auch bei den Insekten, den Spinnen und vielen anderen niederen Tieren tritt diese Form der rückläufigen Entwicklung auf.

Dieselbe Form der rückläufigen Entwicklung treffen wir auch bei vielen Pflanzen, deren Stammformen auf dem Lande zu suchen sind, von den Moosen bis zu den hochstehenden Sympetalen (Pflanzen mit zu einer Krone verwachsenen Blumenblättern: Hottonie, Bitterklee, Wasserschlauch u. a.).

Zum Schlusse wendet sich Dr. Arldt den Festlandsformen zu, die ins Meer zurückgekehrt sind. Nach ihm haben sich die marinen Säugetiere (Seeotter, Flossenfüßer, Zahn- und Bartenwale, Sirenen) durchaus aus Landtieren entwickelt, nicht, wie Steinmann darzutun sucht, aus marinen Reptilien. Bei dieser rückläufigen Anpassung sind sie in mehrfacher Hinsicht von ihrer Entwicklungshöhe herabgestiegen, haben sich den niederen Wirbeltieren angenähert, z. B. in der Bildung der Gliedmaßen und in der Bezahnung. Wie im Känozoikum die Säugetiere, so sind im Mesozoikum die Reptilien ins Meer übergegangen,



Schematische Darstellung der phylogenetischen Beziehungen der wichtigsten Seewirbeltiere.
Beispiel für rechtläufige und für rückläufige Entwicklung.

ein Übergang, der sich leider nicht überall verfolgen läßt. Marine Amphibien sind nicht bekannt, von Vögeln lassen sich außer den schon erwähnten Pinguinen noch die Alken, die Seetaucher, die Möwen, die Sturmvögel, die Tropik- und Fregattvögel und manche andere nennen. Spärlich werden die Beispiele für Rückkehr ins Meer bei den niederen Landtieren, z. B. bei den Insekten. Von den Spinnen sind die Krebsspinnen sogar bis in die Tiefsee vorgedrungen.

Den angeführten Beispielen für rückläufige Entwicklung in bezug auf Beschalung, Seßhaftigkeit, Flugvermögen und Landaufenthalt ließen sich noch weitere anfügen. Als rückläufige Entwicklung wäre es anzusehen, wenn eine Tiefseeform in die oberen Regionen des Meeres hinaufstiege, da das Leben im ganzen sicher nicht aus der Tiefe gekommen ist. Ebenso könnte man rückläufige Entwicklung in der Ausbildung einiger Organe oder in der Ernährung nachweisen. Wenn z. B. Simroth annimmt, daß auf dem Lande zunächst Moder- oder Pilzfresser auftreten und ihnen Insekten- und Fleischfresser, Holzfresser, Krautfresser und Fruchtfresser folgen, so dürfte das die normale Entwicklung sein, wie sie uns z. B. auch bei den Säugetieren entgegentritt. Anderseits fehlt es aber auch bei ihnen nicht an der rückläufigen Entwicklung. Eine solche sehen wir z. B. darin, daß manche Nagetiere, und zwar gerade aus hochstehenden Gruppen, wie die Ratten, von der Pflanzen- zur Fleischnahrung übergehen.

Es lassen sich also gewisse Entwicklungsrichtungen als die normalen ansehen, obwohl die Entwicklung oft auch die entgegengesetzte Richtung einschlägt und diese Rückläufigkeit zeitweilig sogar überwiegen kann, wie z. B. bei der Beschalung. So strebt die Natur auf den verschiedensten Wegen dem Ziele der immer vollkommeneren Durchdringung und intensiveren Ausnützung der bewohnbaren Kugelschale durch das Leben zu.

Um noch etwas Raum für die stets Interesse findende Welt der ausgestorbenen Lebewesen zu behalten, muß die Erörterung darwinistischer Probleme hier abgebrochen werden. Auf eines derselben, die Geltung des neuerdings stark angefochtenen biogenetischen Grundgesetzes, wird im nächsten Jahrgang, wenn sich die widerstreitenden Meinungen vielleicht schon etwas geklärt haben werden, zurückzukommen sein.

Ausgestorbene Lebewelten.

Zu den Knochenresten der fossilen Säugetiere und Reptilien gesellen sich neuerdings auch vielfach Überbleibsel von Weichteilen, die für die Kenntnis der Gestalt und Lebensweise dieser Lebewesen von hohem Werte sind.

Wohlerhaltene Haut- und Weichteile diluvialer Säugetiere, wie die des sibirischen Mammuts, sind in Europa von ungemeiner Seltenheit. Deshalb ist die Beschreibung eines derartigen Fundes, bestehend in Resten eines Mammuts und eines Rhinozeros, geeignet, allseitiges Interesse zu erregen.*)

*) Anzeiger der Akad. d. Wissensch. in Krakau 1911, Nr. 4, B.

In den ersten Tagen des Oktobers 1907 — schreibt E. Lubicz Niezabitowski — fand man in der Erdwachsgrube Nr. IV in Starunia, einem in Ostgalizien am linken Abhang des Lukawicabachtales gelegenen Dorfe, einen Mammutkadaver, und zwar in 8·5 Meter Tiefe. Er bestand aus Knochen, die teilweise noch mit Knochenhaut bedeckt und durch Bänder miteinander verbunden waren, sowie auch aus der ganz gut konservierten Haut. Diese entbehrte schon der Haare, doch wurden noch sehr viele derselben in der die Haut bedeckenden Erdschichte gefunden. Leider wurde die Leiche von den Arbeitern zum Teile zerstört, bevor die Kunde von der Entdeckung in wissenschaftliche Kreise gedrungen war. Erst am 20. Oktober übernahm Prof. Lomnicki die Leitung der weiteren Ausgrabungen, und nun wurde mit aller Vorsicht der Rest der Mammutknochen



Nach den neuesten Funden rekonstruiertes Mammut.

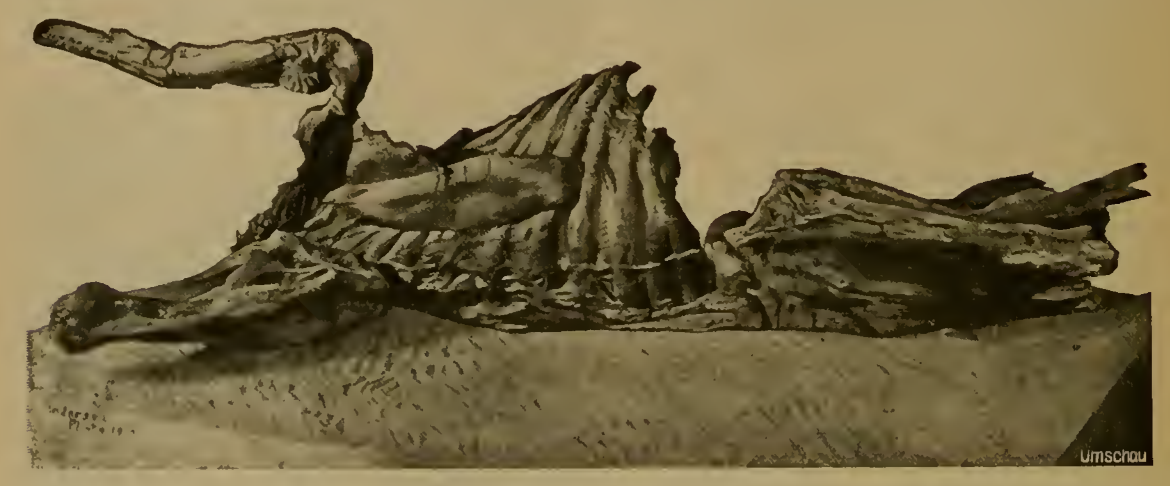
zu Tage gefördert, sowie allerhand andere Funde, z. B. ein Frosch, ein Vogel, zahlreiche Insekten und Molluskenarten, zahlreiche, vorzüglich erhaltene Pflanzen und endlich der Vorderteil eines mit Haut und Fleisch erhaltenen Rhinoceros antiquitatis, welches am 6. November desselben Jahres 5 Meter tiefer, also in einer Tiefe von 13·6 Meter, gefunden wurde.

Das Mammut von Starunia war, wie aus dem Zustand der Mahlzähne des erhaltenen Oberkieferteiles und aus anderen Kennzeichen hervorgeht, ein noch jugendliches Individuum. Die glücklicherweise erhaltenen Stoßzähne sind 1·7 Meter lang. Sie verlaufen anfangs von oben nach unten vorn und außen, dann wieder nach oben vorn und innen, so daß ihre Endspitzen einander zugekehrt sind. Sie zeigen also einen ähnlichen Verlauf wie die Stoßzähne des bekannten Schädels im geologischen Institut der Jagellonischen Universität. Die Stoßzähne von Starunia sind jedoch, weil einem jüngeren Tiere angehörend, viel kürzer, und ihre Spitzen entbehren noch der Krümmung nach unten. Von der Wirbelsäule wurden alle Knochen bis auf die letzten Schwanzwirbel gefunden. Prof. Niezabitowski gibt von ihnen sowie von den übrigen erhaltenen Skeletteilen genaue Maße.

Von der Haut ist ein 320 Zentimeter langes Stück mit einer Ohrmuschel daran erhalten; letztere ist in der Gegend der Ohrspitze 40 Millimeter dick. Das Starunia-Mammut war vermutlich ein Weibchen. Die Ursache seines Todes scheint unzweifelhaft die zu sein, daß es, wie auch das Nashorn und die anderen Tiere, in einem Erdölsumpfe versank und hier den Tod durch Ertrinken fand. Da die Leichen dann in Erdöl und Ozokerit eingebettet lagen und mit diesen Stoffen getränkt wurden, haben sie sich Jahrtausende hindurch bis auf unsere Zeit erhalten.

Von den Überresten des Nashorns sind bisher der Kopf, der linke Fuß, beide mit allen Weichteilen, aber ohne Haare, sowie die Haut der linken Körperseite, ebenfalls ohne Haare, gehoben (siehe Abb. Jahrb. IX, S. 231). Die Haut des Starunia-Nashorns ist fast unversehrt. Sie ist leicht chagriniert und mit reihenweise angeordneten, sackförmigen Vertiefungen, den Einstülpungen der Haarwurzeln, übersät. Trotz des vorzüglichen Erhaltungszustandes der Leiche hat man hier, im Gegensatz zum Wilui- und Jana-Nashorn, keine Spur von Haaren, weder in der Haut noch in der nächsten Umgebung des Körpers gefunden. Von den beiden Hörnern haben sich nur die von den längsten Fasern gebildeten Zentralteile erhalten, die nach außen gelegenen und besonders die seitlichen, aus kürzeren Fasern gebildeten Teile sind dagegen mazeriert und abgefallen. Infolgedessen sind die beiden Hörner fast brettartig abgeflacht. Der Kopf ist, von einzelnen Teilen abgesehen, vorzüglich erhalten; denn außer der Haut sind noch die Muskeln, die Augäpfel, die Gehörknöchelchen, die Nasenhöhle mit Knorpeln und Schleimhaut, die Mundhöhle mit der Zunge, der Kehlkopf usw. in ganz gutem Zustand vorhanden. Jedoch ist der Kopf infolge des starken Druckes der darauf lastenden Erdschichten etwas seitlich zusammengedrückt und verunstaltet, die Kopfknochen sind an vielen Stellen gebrochen oder zertrümmert. Das 2·5 Meter lange Hautstück der linken Körperseite, das in der Mitte der Brust die größte Stärke von 25 Millimetern aufwies, war an vielen Stellen zerfetzt.

Die Überreste dieses Nashorns bilden eine willkommene Ergänzung zu den Resten des Nashorns von Wilui; denn jetzt ist von dem Rhinoceros antiquitatis nur noch der Schwanz unbekannt, und Prof. Niezabitowski ist auf Grund seiner sehr eingehenden Beschreibung der Reste im stande, eine ausreichende Diagnose des längst ausgestorbenen Tieres zu geben. Von dem Rhinoceros simus, derjenigen lebenden Art, an die es seiner äußeren Gestalt und Größe nach am meisten erinnert, unterscheidet es sich durch die etwas schmälere Schnauze, die schmalen spitzen Ohren und die Behaarung. Diese äußere Ähnlichkeit steht wahrscheinlich in Beziehung zu den äußeren Lebensbedingungen der beiden Tiere: sie sind resp. waren beide Bewohner der Ebene und auf Gras und niedere Pflanzen als Nahrung angewiesen. Unter den fossilen Nashörnern ähnelt Rh. antiquitatis natürlich am meisten dem Rh. Merckii, dem Jana-Nashorn.



Die in Nordamerika aufgefundene Mumie des Trachodon.

Über die Auffindung einer Dinosaurier-Mumie aus der oberen Kreide Nordamerikas berichtet M. A. von Lüttgendorff.*) Dieses mumifizierte Trachodon gibt wichtige Aufschlüsse über die Haut und die Lebensweise des hauptsächlich während der jüngeren Kreidezeit lebenden Reptils, dessen Körperhöhe etwa 5 Meter betragen haben mag. In bezug auf die Lebensweise des Tieres, von der bisher nur recht wenig bekannt war, verrät die Mumie ziemlich sicher eines, nämlich daß die Trachodonten ein fast ausschließliches Wasserleben führten. Das beweist in erster Linie die verhältnismäßig geringe Dicke der Haut, ferner aber auch die Formverhältnisse der vorderen Gliedmaßen, die nahezu typische Schwimmwerkzeuge darstellen, indem die einzelnen Finger — also weder Klauen noch Hufe — durch eine kräftige Schwimmhaut verbunden waren. Auch die Gestaltung der Vordergliedmaßen, deren Hautbedeckung innen und außen dieselbe feine Beschaffenheit zeigte, deutet mit größerer Sicherheit auf eine Anpassung an das Wasserleben als auf den Gebrauch zum Laufen oder Graben.

So dürfte das Trachodon beträchtlich anders zu rekonstruieren sein, als das bisher geschah, und die von Ch. B. Knight unternommene Wieder-

*) Die Umschau, 1911, Nr. 36.

gabe des Tieres kommt der Natur wahrscheinlich ziemlich nahe.

Die Auffindung größerer Hautpartien des Tieres gibt uns Aufschluß über die eigenartigen Strukturverhältnisse der bis jetzt fast unbekannten Dinosaurierhaut. Die nicht sehr dicke Haut des Trachodon ist mit kleineren und größeren Knötchen besetzt, von denen letztere sich speziell an jenen Körperteilen befanden, die der Sonne am meisten ausgesetzt waren, während die kleineren die geschützteren Hautteile bedeckten. Möglicherweise haben die ersteren eine dunklere Farbe besessen.

Trotz der ausschließlich pflanzlichen Ernährungsweise besaß Trachodon einen vorzüglich ausgebildeten Kauapparat: nicht weniger als 2000 kräftige Zähne sitzen in dem kolossalen Rachen, der freilich wohl, der Körpergröße und dem Nahrungsbedürfnis des Tieres entsprechend, auf die Vertilgung ganz kolossaler Pflanzenmassen eingerichtet sein mußte. Mit besonderen körperlichen Schutzwaffen anscheinend nicht ausgerüstet, wichen die Trachodonten einem Kampfe wohl nach Möglichkeit aus und suchten Angriffen gegenüber ihr Heil in der Flucht, indem sie so rasch wie möglich fortschwammen und in tieferes Wasser untertauchten.

Ursache und Verlauf des Mumifizierungsprozesses, der uns die Reste des Trachodons vielleicht drei Millionen Jahre hindurch erhalten hat, lassen sich mit absoluter Sicherheit kaum feststellen. Prof. Osborn läßt das Tier eines ruhigen und natürlichen Todes gestorben und auf einer Sandbank anhaltend der Sonne ausgesetzt sein, wobei Muskeln und Eingeweide zunächst vollständig entwässert wurden und zugleich die Haut einschrumpfte und, hart und lederartig werdend, sich dicht um die härteren Körperteile herumzog. Nach einer langen derartigen Trockenperiode wurde die Leiche durch eine gewaltige Flut fortgeschwemmt und in eine dicke Schicht reichlich mit Ton vermischten feinen Flußsandes eingebettet.

Über die Dinosaurier und deren Ausgrabungen unterrichtet uns ein Vortrag von Prof. Dr. E. Fraas*) in Stuttgart.

Im mesozoischen Zeitalter standen, vielleicht infolge des wärmeren Klimas, das damals herrschte, die Reptilien an der Spitze der Entwicklung der Tierwelt und nahmen hier dieselbe Stelle ein wie heute die Säugetiere. Die heutigen Reptilien stellen, abgesehen von Eidechsen und Schlangen, die auch gegenwärtig noch einen Höhestand der Entwicklung aufweisen, gewissermaßen nur eine mehr oder minder entartete Reliktenfauna jener Glanzzeit im Mesozoikum dar. Viele der damaligen Geschlechter sind mit dem Abflauen des heißen Klimas am Schlusse der Kreidezeit überhaupt ausgestorben, der Rest zog sich mit wenigen Ausnahmen in die warmen Tropengegenden zurück. Vergebens suchen wir nach den Beherrschern des Meeres, den Ichthyosauriern, Plesiosauriern und Pythonomorphen, vergebens auch nach den Flugsauriern, den Räubern in den Lüften, und ebenso fehlen jetzt vollständig die abenteuerlich gestalteten Gruppen der Anomodontier, der Theriodontier und vor allem der Dinosaurier.

*) Gehalten vor der 83. Versamml. deutsch. Naturf. u. Ärzte, 25. Sept. 1911.

Eine der interessantesten und formenreichsten Gruppen der fossilen Kriechtiere sind die Dinosaurier oder Schreckenssaurier, wie sie sowohl wegen ihrer abenteuerlichen Gestalt als auch wegen der erstaunlichen, schreckenerregenden Größe einzelner ihrer Mitglieder genannt worden sind. Sie sind die besondere Freude des Paläontologen, weil sie, wie kaum eine andere Tiergruppe, Anpassungen an die Lebensbedingungen und damit Hand in Hand gehende Veränderungen im Körperbau erkennen lassen. Während wir bei den übrigen sowohl lebenden wie fossilen Reptilien niemals im Zweifel über die systematische Stellung sind, indem jede Ordnung ihr ganz bestimmtes, im Körperbau



Ein Stück Haut der Trachodonmumie.

ausgedrücktes Gepräge hat, verhält es sich bei den Dinosauriern ganz anders. Da schwankt schon der Unterschied in der Größe zwischen 0·5 und 25 bis 30 Meter; da gibt es kriechende, eidechsenartig gestaltete sowie auf den Hinterbeinen hoch aufgerichtete springende Arten, schwerfällig gebaute Riesen von langgestrecktem oder auch hochgestelltem Körperbau, ebenso gedrungene, zum Teil gepanzerte, an Nashörner oder Gürteltiere erinnernde Arten. Keine andere Reptiliengruppe ist so weit gefaßt wie die der Dinosaurier, die vielleicht später, bei genauerer Kenntnis, noch einmal in Ordnungen zerlegt werden wird, gleichwertig denen der anderen Reptilien.

Die erste große Hauptgruppe im System der Dinosaurier ist diejenige der fleischfressenden Dinosaurier oder Theropoden, anscheinend der Grundstamm der ganzen Sippe. In den ältesten Schichten, in denen Dinosaurier bis jetzt gefunden wurden, finden sich nur diese verhältnismäßig kleinen und in gewissem Sinne primitiv gebauten Arten. An diese Stammform reiht sich die ziemlich kleine Gesellschaft der Thekodontosaurier, die sich gleich den Eidechsen auf allen vier Sohlen vorwärts bewegten und sich von den echten Echsen eigentlich nur durch den übermäßig langgestreckten Hals unterschieden. Sie waren über die ganze Erde

verbreitet, denn Überreste von ihnen hat man sowohl in Deutschland wie in England, in Nordamerika, Südafrika, Indien und Australien gefunden. Die Stubensandsteinformation in Schwaben, eine Schicht des mittleren Keupers, hat das annähernd vollständige Skelett eines ungefähr 2 Meter langen derartigen Tieres geliefert, und die reichen Fundgruben Schwabens geben auch ein recht



Iguanodon Bernissartensis ca. 4 m hoch).

gutes Bild von der weiteren Entwicklung dieser Gruppe. An den Thekodontosaurus schließt sich ein als Sellosaurus bezeichneter Dinosaurier an, der schon 4—5 Meter Länge erreichte und auch noch auf allen Vieren ging, obwohl sich bei ihm schon ein Größenunterschied zwischen Vorder- und Hinterbeinen bemerkbar macht. Dieser Unterschied steigert sich noch bei der nun folgenden Gruppe der Plateosauriden oder Zanklodonten, deren Vorderfüße schon als ausgesprochene Greiforgane mit verkürzten Knochen, scharfen, stark gekrümmten Krallen und einem offenbar ziemlich stark gegenüberstellbaren Daumen (Hallux) entwickelt sind. Diese alten Zanklodonten der obersten Stufe des mittleren Keuper erreichten schon die bedeutende Größe von 8 bis 10 Metern. Noch viel gewaltiger und zum Teil schon bizarr gestaltet sind die aus dem englischen und nordamerikanischen Jura und der Kreideformation bekannten Formen, der große Megalosaurus, der schlanke, offenbar auf den Hinterbeinen springende Allosaurus, der gehörnte Keratosaurus und als Schlußglied der riesenhafte Tyrannosaurus rex aus der oberen Kreide Nordamerikas, mit einer Länge von 20 Metern jedenfalls der gewaltigste Raubsaurier, der jemals die Erde bewohnt hat (siehe die Abbildungen in den vorhergehenden Jahrbüchern).

Neben diesen Theropoden findet sich schon in der mittleren Trias Schwabens und Nordamerikas eine von ihnen ganz abweichende Gruppe entwickelt, die eine hohe Spezialisierung zeigt, besonders im Bau der Beine. Diese Hallopoden sind außerordentlich zierliche, schlanke Geschöpfe mit auffallend kleinen, als Greiforgan entwickelten Vorder- und ungemein langen Hinterfüßen, auf denen sie offenbar gleich den heutigen Laufvögeln dahineilten. Die Übereinstimmung im Bau des Hinterfußes mit dem der Laufvögel, besonders des Kiwi und des Dinornis, ist so überraschend, daß Prof. Fraas diese Hallopoden mit den Vögeln in Beziehung bringen möchte. Es ist sehr wohl denkbar, daß sich aus diesen, ausschließlich auf den Hinterbeinen springenden leichtgebauten Reptilien vogelähnliche Tiere entwickelten, wobei allerdings zunächst an Laufvögel zu denken ist, während das Flugvermögen einer späteren Entwicklung vorbehalten war. Im innigsten Zusammenhang mit diesen triassischen Hallopoden steht der schon seit 50 Jahren bekannte, aus dem Solnhofener Schiefer stammende Campsognathus, der als Unikum angestaunt wurde.

An die theropoden Dinosaurier schließen sich die Sauropoden an, deren Nahrung weniger aus Fleisch als aus Pflanzen, vielleicht auch aus Fischen und Weichtieren bestand; darauf weist u. a. auch ihre Zahnbildung hin, die mehr oder minder einem Rechen gleicht, geeignet, im Wasser die zur Nahrung bestimmten Bestandteile zurückzuhalten. Der Bau der Sauropoden ist plump. Der Körper, langgeschwänzt, ist ziemlich gedrungen, auf langem Halse sitzt ein kleiner Schädel. Über die Normalstellung und den Gang der Sauropoden herrscht zurzeit noch ein heftiger Streit, auf den wir hier nicht näher einzugehen brauchen (siehe Jahrbuch VIII, S. 117, IX, S. 138). Das auffallendste Merkmal der sauropoden Dinosaurier ist ihre gewaltige Größe; unter ihnen befinden sich jene Ungeheuer, die man nicht mit Unrecht wandelnde Berge genannt hat. Landtiere von 25 und noch mehr Meter Länge übersteigen weitaus das Maß dessen, was wir unter der heutigen Tierwelt kennen. Hieher gehören der bekannte Diplodokus (über 20 Meter Länge), der Brontosaurus (25 Meter) und die großen ostafrikanischen Gigantosaurier.

Eine schwierige, außerordentlich vielgestaltige Gruppe der Dinosaurier ist dadurch gekennzeichnet, daß sie vorn an der Schnauze einen zahnlosen Schnabel trugen, der als Prädentale am Unterkiefer ausgebildet ist und nach dessen Vorhandensein die Gruppe als Prädentata bezeichnet worden ist. Alle Arten sind große, stattliche Tiere.

Die erste Untergruppe der Prädentata bilden die im Bau des Beckens und der gewaltig großen

Hinterbeine an die Vögel erinnernden Ornithopoda, große, ziemlich plumpe, auf den Hinterbeinen schreitende Tiere, die uns am besten durch den Iguanodon Bernissartensis (aus den Kohlengruben von Bernissart in Belgien) veranschaulicht



In Tendaguru ausgegrabener Oberarmknochen eines Riesensauriers; aus der Skala (links) ergibt sich die Höhe von 2·10 m.

werden. Das Museum zu Brüssel besitzt 22 mehr oder minder vollständige Skelette von ihnen. Die Fundlage mancher Skelette weist auf einen stillen und friedlichen Tod der Tiere hin.

Indem wir die beiden in den vorhergehenden Jahrbüchern schon mehrfach erwähnten und abgebildeten Untergruppen der Stegosaurier und der durch den mächtigen Trizeratops am schönsten vertretenen Keratopsiden nur nennen, folgen wir Prof. Fraas noch zu einem Ausblick auf das mächtige ostafrikanische Ausgrabungsfeld am Tendaguru, das, ein wahrer Dinosaurierkirchhof, nun schon im dritten Jahre mit großem Erfolg seitens der Assistenten des Berliner Museums Dr. Janensch und Dr. Hennig ausgebeutet wird. Schon ist in Berlin versteinertes Material im Gewichte von mehr als 75.000 Kilogramm eingetroffen, dessen Ausgrabung ein ganzes am Tendaguru neu angesiedeltes Negerdorf in Nahrung gesetzt hat. Hoffentlich werden sich im Museum für Naturkunde zu Berlin allmählich die mehr oder minder vollständigen Skelette der afrikanischen Dinosaurier zusammensetzen lassen. Es wird einen imposanten Anblick bieten, ein solches Ungeheuer, dem Fraas nach seinen Funden den Namen Gigantosaurus africanus gab, vor sich zu sehen. Aber außerordentlich groß ist noch die Arbeit des Präparierens und Aufstellens, und Jahre mögen darüber hingehen, bis das überreiche Material bezwungen ist.



Rückenstachel eines Naosaurus.

Soweit sich bis jetzt übersehen läßt, kommen am Tendaguru Dinosaurierreste vor, die zu den größten bis jetzt bekannt gewordenen gehören und selbst noch die gewaltigen amerikanischen Formen in den Schatten stellen. Oberarmknochen von mehr als 2 Meter Länge weisen auf Größenverhältnisse hin, gegenüber denen selbst der 20 Meter lange Diplodokus klein erscheint, die also den Namen Gigantosaurus in vollem Maße rechtfertigen. Erfreulicherweise sind auch Schädelreste entdeckt und geborgen worden.

Allem Anschein nach wurden aber auf dieser Expedition nicht nur die Überreste sauropoder Riesenformen, sondern auch solche von anderen Arten zu Tage gefördert, und es läßt sich erwarten, daß sich das Bild der einstigen Saurierwelt am Tendaguru noch reichhaltiger gestalten und würdig den bisher nahezu einzig dastehenden nordamerikanischen Faunen anschließen wird.

Von einer in Amerika außerordentlich formenreichen Sauriergattung, den Pelykosauriern, ist neuerdings von Prof. Jäkel in der Sammlung der Sächs. Geol. Landesanstalt eine neue, besonders kleine Art entdeckt worden, die den Namen Naosaurus Credneri erhalten hat.*) Die durch riesige Dornfortsätze der Rückenwirbel ausgezeichneten Pelykosaurier krochen wahrscheinlich träge am Boden umher und richteten im Falle einer Gefahr durch Wölbung des Rückens und seitliche Biegungen der Wirbelsäule die Rückenstacheln wie ein Igel breit auseinander. Diese und eine zweite aus Böhmen stammende Naosaurusart sind die kleinsten und ältesten der Gattung, die also höchstwahrscheinlich in Europa ihre Urheimat hat, während sie sich in Nordamerika am höchsten entwickelte und spaltete.

*) Monatsberichte der deutsch. Geol. Gesellsch. Bd. 62, S. 526.

Aus der Pflanzenwelt.

(Botanik.)

Blüten und Früchte • Stoffwechsel und Bewegung • Aus der Kryptogamenwelt.

Blüten und Früchte.

Eine Nachlese hinsichtlich der Bestäubungseinrichtungen in der europäischen Pflanzenwelt bringt hie und da immer noch einen interessanten blütenbiologischen Fall zu Tage. Ein solcher liegt z. B. bei der Alpenakelei (Aquilegia alpina) vor, die E. Scherer jüngst untersucht hat.*) Die zu den Hahnenfußartigen



Aquilegia alpina. Habitusbild, in $^2/_3$ natürl. Größe.

aus der Reihe der Helleboreen (Nieswurzähnlichen) gehörende stattliche Pflanze ist ein echtes Kind der Alpen und kommt in den Grenzbeständen zwischen Karrflur, Geröll und festem Weiderasen vor, ohne jemals auf die Läger selbst überzugehen. Obwohl nirgends häufig, ist sie doch in beträchtlicher Individuenzahl vorhanden. Ihre Beobachtung durch Scherer ergab, daß es selbst einer mit allen für blütenbesuchende Insekten anlockenden Reizen ausgestatteten Pflanze nicht immer gelingt, sich die nötigen Bestäuber zu sichern. Das Bild vermag nur einen schwachen Begriff von der Herrlichkeit der großen, in einem wundervollen lichten Blau strahlenden Blüten zu geben, deren Durchmesser in einzelnen Exemplaren 10 Zentimeter erreicht.

*) Naturw. Wochenschr., IX, Nr. 47.

Fünf blaugefärbte, bis zu $5^1/_2$ Zentimeter lange Kelchblätter umgeben fünf ebenso gefärbte Kronblätter, deren Spitze sich in einen zurückgekrümmten, nach oben gerichteten, bis 2·2 Zentimeter langen Sporn fortsetzt. Die zahlreichen Staubblätter sind in mehreren Kreisen angeordnet, Stempel sind in der Regel fünf, manchmal jedoch auch drei und mehr, bis acht, vorhanden.

Die Alpenakelei muß eine ausgesprochen protandrische Hummelblume sein, d. h. ihre Staubblätter reifen, bevor die Narben empfängnisfähig sind, Hummeln besorgen die Übertragung des Pollens auf andere Blüten. Die Blüten hängen in jugendlichem Zustand nach unten, so daß Honig und Blütenstaub gut vor Regen geschützt sind. Die fünf langen Sporne sind aufwärts gerichtet, ihr den Nektar bergender Endteil ist jedoch nach unten gekrümmt, so daß ein Herausfließen desselben unmöglich ist. Im ersten Stadium des Aufblühens stäuben die Pollensäckchen sehr reichlich, während Stempel und Narben noch völlig zwischen den Staubfäden verborgen sind. Erst nach einigen Tagen, wenn schon zahlreiche Staubgefäße verstäubt eine schwarze Farbe angenommen haben und zu vertrocknen beginnen, erscheinen die Griffelspitzen, wachsen allmählich weiter heraus und spreizen. Es lassen sich also deutlich ein erstes männliches und ein zweites weibliches Blütenstadium erkennen.

Als Bestäuber könnten nur langrüsselige Hummeln in Betracht kommen, die, sich von unten an die Blüten hängend, den Rüssel in den Sporn senken. Merkwürdigerweise konnte E. Scherer jedoch auf der Betenalp niemals, trotz stundenlangen Aufpassens, eine Hummel als Besucherin der Alpenakelei beobachten. Dagegen fand er an zahlreichen Blüten die Sporne durchbissen, und zwar immer genau an der Umbiegungsstelle. Es dürfte sich bei diesen Einbrüchen ziemlich sicher um kurzrüsselige Hummeln handeln, die sich auf diese ungesetzliche Weise den Nektar verschaffen. Ein Versuch, Hummeln zur Bestäubungsarbeit zu veranlassen, glückte nicht. Der Beobachter näherte einen Strauß frischgepflückter Akelei einigen Hummeln, die auf einigen in voller Blüte stehenden Rhododendronbeständen Nektar suchten. Zweimal kroch eine Hummel auf die Blüten, flog aber sofort ab und wieder auf die Alpenrosen, als sie die Täuschung bemerkte; möglicherweise ziehen sie den Nektar der letzteren dem der Akelei vor.

Im zweiten Blütenstadium kann übrigens spontane Bestäubung erfolgen, indem noch Pollen der jüngsten Antheren auf die zuletzt tiefer als die Staubgefäße stehenden Narben fällt.

Zu den Nacktsamigen (Gymno- oder Archispermen) gehören außer den bei uns vertretenen Nadelhölzern der nur noch als Kulturbaum exi-

stierende Gingko und die beiden Familien der Zykadeen (Sagopalmen) und der Gnetazeen. Zu den letzteren gehört die auch im Mittelmeergebiet auftretende Gattung Ephedra, Meerträubchen, mit aufrechten oder schlingenden Sträuchern von schachtelhalmähnlichem Aussehen. Die im Mittelmeergebiete heimische Ephedra campylopoda, eine sonst zweihäusige, männliche und weibliche Blüten auf verschiedenen Stöcken tragende Pflanze, fand Prof. v. Wettstein in Dalmatien in rein weiblichen und regelmäßig zweigeschlechtigen Blüten, was ein Beweis für seine Anschauung, daß die zweigeschlechtigen Blütenstände aus den eingeschlechtigen, also die Angiospermen aus den Gymnospermen hervorgegangen seien, zu sein schien.

Nach den Forschungen von Dr. O. Porsch, der die Pflanze an Ort und Stelle studiert hat, bietet sie Anlaß zu noch weiteren interessanten Beobachtungen und Schlüssen.*) Der zweigeschlechtige Blütenstand der dalmatinischen Ephedra setzt sich zusammen aus fünf bis sieben Paaren gegenständiger Deckblätter, deren untere vier bis sechs in ihren Achseln je eine männliche Blüte tragen, während das oberste Paar in den beiden Blattachseln je eine weibliche Blüte trägt, von denen bisweilen eine zurückgebildet oder ganz fehlgeschlagen ist. Es fehlt dem ganzen Blütenstande auch nicht an einer lebhaften gelben Färbung, die durch einen gegen Ende des Blühens auftretenden feuerroten Farbenton noch gehoben wird. Die aufrechten Samenknospen der weiblichen Blüten umhüllt ein einfaches Integument (Hüllblatt), das in eine röhrenförmige Mikropyle (feine Öffnung in dieser Hülle) ausläuft.

Nach Porschs Beobachtungen wird aus dieser nach außen hervorragenden Integumentröhre sowohl bei den rein weiblichen wie auch bei den zweigeschlechtigen Blütenständen auf dem Höhepunkt des Blühens ein Tropfen abgesondert, der von einer Anzahl Hautflügler und Fliegen begierig aufgeleckt wird. Manche von ihnen, Schwebfliegen und Bienen, begnügen sich nicht damit, sondern fressen oder sammeln auch Pollen. Die Öffnungsweise der Antheren nach oben und die Klebrigkeit des Pollens befördert die Übertragung des Blütenstaubes auf den Insektenleib. Dennoch entstehen an den zweigeschlechtigen Blütenständen keine Früchte, wohl aber an den rein weiblichen, deren Blüten trotz weniger auffallender Färbung des Tröpfchens wegen doch besucht werden, wobei die Pollenübertragung durch die Bauchseite der Tiere erfolgt.

Die Bedeutung der zweigeschlechtigen Blütenstände sieht Dr. Porsch darin, daß sie mittels des als „Nektartropfen" genommenen Mikropylentröpfchens der oberen weiblichen Blüten die Insekten in das Bereich der Pollenblüten locken und dadurch die Bestäubung sichern. Ephedra campylopoda gibt sich also als unzweideutig entomophil (an Insektenbetäubung) angepaßte Gymnosperme, während unter diesen Nacktsamigen sonst die Windbestäubung herrscht.

*) Berichte der Deutsch. Bot. Gesellsch., Bd. 28, S. 404.

Die Wettsteinsche Theorie von der Entstehung der zwitterigen Angiospermenblüte aus den zweihäusigen oder einhäusigen Gymnospermenblüten erscheint wenigstens in seinen biologischen Voraussetzungen durch den Nachweis der Entomophilie bei einer Meerträubchenart vollauf bestätigt. Da auch eine zweite Gnetazee, Gnetum Gnemon, einen zuckerhaltigen Mikropylentropfen ausscheidet und zweigeschlechtige Blütenstände schon als Norm aufweist; da ferner Welwitschia, die dritte Gnetazeengattung, nach neueren Beobachtungen sicher entomophil ist (siehe Jahrb. VII, S. 141), so läßt sich an dieser Entwicklungsweise der Angiospermenblüte aus der Gymnospermeninfloreszenz kaum noch zweifeln.



Eine Edelkastanie auf dem Collino d'oro bei Lugano.

In den genannten Fällen, betont Porsch, bedeutet die unentwegte Durchführung der Anpassungen an Insektenbestäubung einen gewaltigen morphologischen Fortschritt in der Richtung zur entomophilen Zwitterblüte der Angiospermen. Immer wieder sehen wir sowohl die Annäherung an die Angiospermen-Einzelblüte wie die damit im Zusammenhang stehende Entomophilie (Einrichtung für Insektenbestäubung) auf demselben Wege erreicht, nämlich durch die mehr oder minder zentrale Verlegung weiblicher Einzelblüten in den männlichen Blütenstand bei weitgehender morphologischer Vereinfachung der Einzelblüte.

Prof. Dr. Hildebrand*) weist auf eine merkwürdige Eigenschaft der Kastanienfrüchte hin, die nach seiner Ansicht beweist, daß durchaus nicht überall, wo an Pflanzen eine gewisse Eigen-

*) Die Umschau, XIV. Jahrg., Nr. 51.

schaft auftritt, diese so erklärt werden kann, als habe sie sich bei natürlicher oder künstlicher Auslese gebildet. Es handelt sich um einen fest an den stacheligen Kugeln der eßbaren Kastanien sitzenden Anhang, der es ermöglicht, sie vom Boden aufzuheben, ohne sie direkt zu berühren und sich dabei zu stechen.

Dieser Anhang bildet sich aus einem männlichen Blütenstand, der sich nicht selten unmittelbar unterhalb der die weiblichen Blüten einschließenden stacheligen Hülle findet. Er ähnelt denen, die in den Achseln der Blätter vor den weiblichen Blütenständen sitzen. Während diese aber nach dem Verstäuben ihres Pollens abfallen, kommen die Blüten jenes dicht unterhalb eines weiblichen sitzenden Blütenstandes überhaupt nicht zum Stäuben. Sie können also nicht, wie man früher wohl annahm, zur Bestäubung der weiblichen Blüten dienen, wenn etwa die anderen zahlreich vorhandenen, sich früher entwickelnden männlichen Blüten durch irgend einen Umstand vor dem Verstäuben zu Grunde gehen sollten. Dieser dicht unter einem weiblichen Blütenstand stehende männliche fällt nun nicht, wie die anderen, ab, sondern bleibt an dem Stiele der sich ausbildenden stacheligen Fruchthüllen fest sitzen. Sind dann die Kastanien reif, so öffnen sich entweder ihre Stachelhüllen, so daß die reifen Früchte herausfallen, oder die Fruchthüllen fallen geschlossen herab samt den dicht unter ihnen sitzenden männlichen Blüten. Dieser Anhang ist zwar für den sammelnden Menschen vorteilhaft, für die Pflanze selbst aber und die Verbreitung ihrer Samen in keiner Weise, da noch niemand beobachtet hat, daß etwa Vögel die Früchte an diesem Anhängsel fortgeschleppt hätten; übrigens sind ihnen die darin enthaltenen Samen ja noch gar nicht sichtbar.

Eine merkwürdige Erscheinung, die vorzeitige Entblätterung von Blüten, hat Dr. H. Fitting zum Gegenstand einer gründlichen Untersuchung gemacht.*) Wenn viele Blüten am Ende der Blütezeit die Kronblätter in völlig frischem und unverwelktem Zustand abwerfen, so erscheint uns das erklärlich, da die Kronblätter ihren Zweck als farbige Wirtshausschilder vielleicht erfüllt haben, also unnötig geworden sind. Anders, wenn die Loslösung schon erfolgt, bevor die Blüten bestäubt sind. Es handelt sich dann bei dieser Erscheinung nicht um ein passives Abfallen, sondern um eine aktive Abtrennung, einen bisher nicht als solchen erkannten sehr auffälligen Reizvorgang. Das Hauptversuchsobjekt bildete Geranium pyrenaicum (der pyrenäische Kranichschnabel) nebst einer beträchtlichen Zahl von Pflanzen aus anderen Familien.

Von den vielen äußeren Einflüssen, die das vorzeitige Abstoßen der Kronen bei vielen Getrennt- und Verwachsenblättrigen, oft in erstaunlich kurzer Zeit, bewirken können, seien hier die künstlichen, in freier Natur nicht einwirkenden Reize der Laboratoriumsversuche (Leuchtgas, Kohlensäure, Tabakrauch u. a.) außer acht gelassen. Nicht selten genügen schon mäßige Erwärmungen von 33° an zu schneller vorzeitiger Abstoßung der Kronblätter. Auch Erschütterung kann die Abstoßung bei manchen Blüten innerhalb weniger Minuten herbeiführen. Ferner wird bei manchen Pflanzen durch die Bestäubung eine vorzeitige Entblätterung in kürzester Frist ausgelöst. Die Hauptversuchspflanze stößt die Blütenblätter schon nach ein bis eineinhalb Stunden, Erodium Manescavi sogar nach 40—60 Minuten ab. Merkwürdigerweise werden Blumen, die gegen Wärme und Kohlensäure sehr empfindlich sind, durch die Bestäubung fast gar nicht beeinflußt. Bei dem letztgenannten Erodium läßt ferner sogar Verwundung der Griffel die Kronblätter nach 30 bis 100 Minuten fallen. Da diese Pflanze einen oberständigen Fruchtknoten besitzt, muß der durch die Verwundung der Griffel veranlaßte Reiz irgendwo durch den Fruchtknoten hindurch zu den an seiner Basis befestigten Kronblättern geleitet werden.

Die vorzeitige Entblätterung der Blüten ist ein Lebensvorgang, denn sie bleibt aus bei Blüten, die wärmestarr oder durch Sauerstoffmangel starr sind. Daß sie auch ein Reizvorgang ist, ergibt sich daraus, daß bei Erwärmung eine ausgesprochene Nachwirkung festzustellen ist. Die Abtrennung der Kronblätter geschieht in einem schon bei der allgemeinen Gewebedifferenzierung ausgebildeten, meist kleinzelligen Gewebe am Grunde der Kronblätter dadurch, daß die lebenden Zellen sich trennen. Das geschieht unter allgemeinen Volumzunahme des Trennungsgewebes. Die Entblätterung ist nicht die Folge einer Beschleunigung oder einer Umschaltung der ganzen Blühvorgänge, sondern ein direkter Reizerfolg der wirksamen Anlässe, ebenso wie die durch Licht- oder Wärmeschwankungen ausgelösten Schlafbewegungen der Kronblätter. Biologische Bedeutung haben diese auf äußeren Einflüssen beruhenden Trennungen nicht, wenn sie auch vielleicht bisweilen von Einfluß auf die Beschränkung der Blütezeiten oder die Auswahl der Standorte gewesen sind.

Untersuchungen über reizbare Narben sind von Karl Lutz ausgeführt, sowohl behufs Prüfung der biologischen Bedeutung der dabei auftretenden Bewegungserscheinungen als auch zum Zwecke der eingehenden Untersuchung der Mechanik der Reizbewegung.*)

Die Untersuchungen erstreckten sich auf die zweilippigen Narben verschiedener Mimulus-Arten (cardinalis, luteus, cupreus und moschatus), einiger Torenia- und Martynia-Arten und der Incarvillea Olgae sowie auf die einlippige, fadenförmige Narbe von Goldfussia anisophylla.

Die Reizbewegung der Narben dieser Pflanzen besteht darin, daß die in der Ruhelage divergierenden Narbenlappen auf irgend einen Reiz hin sich nach innen krümmen und glatt aufeinander legen; nach 5—8 Minuten beginnen sie wieder zu divergieren, und nach 10—15 Minuten ist der frühere Divergenzwinkel wieder erreicht. Diese auffälligen Bewegungserscheinungen erregten vor etwa 100 Jahren zum erstenmal die Aufmerksamkeit der Botaniker.

*) Jahrbücher f. wissensch. Bot., Bd. 49, (1911), S. 187.

*) Zeitschrift f. Botanik, 3. Jahrg., (1911), Heft 5.

Ein Schließen der Narben kann sowohl durch rein mechanische Reize mittels Sandkörnchen u. a., durch chemische Reize und durch Bestäubung mit arteigenem oder fremdem Pollen hervorgerufen werden. Die letzteren Fälle, die in der Natur am häufigsten auftreten werden und allein für die Pflanze von Bedeutung sein könnten, seien hier etwas eingehender betrachtet.

Die Versuche zeigen deutlich, daß sowohl eigener als auch fremder Pollen ebenso wie ganz indifferente Stoffe (Sand, Reisstärke) ein längeres Geschlossenbleiben der Narben von mehreren Stunden veranlassen können. Eigentümlich ist jedoch der Umstand, daß die mit arteigenem Pollen bestäubten Narben dauernd bis zum Verderben der Blüte geschlossen bleiben, während die mit fremdem Pollen belegten sich nach einigen (zwei bis drei) Stunden mit großer Regelmäßigkeit wieder öffnen. Man sieht sich gezwungen anzunehmen, daß *spezifische* Eigenschaften der betreffenden Pollenkörner hier eine Rolle spielen; sie müssen die Befähigung besitzen, die Rückregulation in verschieden hohem Grade zu hemmen. Es mußte festgestellt werden, ob dabei die *Keimfähigkeit* der Pollenkörner auf der Narbe in Betracht kommt.

Arteigener Pollen war nach zwei Stunden auf der Narbe meist schon, nach vier Stunden fast durchweg gekeimt. Die Pollenschläuche hatten schon eine beträchtliche Länge erreicht und waren nach vier Stunden schon in großer Zahl in dem Leitgewebe zu treffen, wo sie nahezu parallel zueinander zwischen den langgestreckten Zellen dieses Gewebes nach dem Fruchtknoten zu wachsen. Untersucht man Narben etwa sechs bis acht Stunden nach erfolgter Bestäubung mit arteigenem Pollen, so sieht man, daß die Epidermis und das Leitgewebe durch die eingedrungenen Schläuche stark geschädigt sind, was ja der Pflanze keinen Nachteil bringt, da die Befruchtung nun gesichert ist.

Ein ganz anderes Bild zeigten die mit *artfremdem* Pollen belegten Narben. Die Pollenkörner (von Löwenmaul, Fingerhut, Gerste und Wegerich) hatten nach vier Stunden ebenfalls gekeimt, ihre Keimschläuche hatten aber nur eine sehr geringe Länge erreicht; im Leitgewebe selbst konnten erst nach beträchtlich längerer Zeit einige Keimschläuche entdeckt werden, doch dringen sie meistens nicht sehr tief ein und kommen sehr bald wieder an die Oberfläche, um dann irgendwo blind zu enden. Daß sich die mit artfremdem Pollen bestäubten Narben, da keine Befruchtung stattfinden kann, nach einigen Stunden wieder öffnen, ist leicht verständlich.

Diese Ergebnisse lassen nun ohne weiteres den Schluß zu, daß eben die keimenden und in das Leitgewebe eindringenden Pollenschläuche durch Wasserentzug einerseits und irgend eine Schädigung des lockeren Leitgewebes anderseits eine Rückregulation (Wiederausbreiten der Narbenäste) verhindern. Daß eine derart in ihren inneren Zellreihen desorganisierte Narbe sich nicht wieder öffnen kann, ist nicht erstaunlich. Ist eine dieser beiden Bedingungen nicht erfüllt, so tritt stets nach kürzerer oder längerer Zeit ein Wiederöffnen der Narbe ein. So öffnet sich eine mit Pollen von Liliengewächsen bestäubte Narbe der Versuchspflanzen nach 15—40 Minuten wieder; es zeigt sich, daß die Pollenkörner ihre ellipsoidische Gestalt auf der Narbe nicht im geringsten verändert, derselben also auch kein Wasser entzogen haben. Ist der artfremde Pollen wohl gekeimt, aber nicht mit genügend vielen Schläuchen ins Leitgewebe gedrungen, so tritt ebenfalls ein Öffnen der Narbe, aber erst nach zwei bis drei Stunden, ein. Dasselbe Ergebnis bringt eine Bestäubung mit trockenem Sand, Reisstärke u. a., Stoffen, welche Wasser entziehen, aber nicht keimen können. Beide Bedingungen sind erfüllt durch den Pollen der arteigenen Pflanzen.

Vielfach öffnet sich die mit arteigenem Pollen bestäubte Narbe nach einiger Zeit und schließt sich später zum zweitenmal endgültig. Das Moment, welches über das Geschlossenbleiben oder Wiedereröffnen einer bestäubten Narbe entscheidet, ist gegeben in erster Linie durch die *Menge* des aufgetragenen Pollens: eine große Menge bewirkt ein Geschlossenbleiben, eine kleine Menge nicht — in zweiter Linie auch durch die Herkunft des benutzten Pollens: arteigener hat eine dauernde, fremder nur eine mehrere Stunden währende Schließung zur Folge.

Daß ein Insekt so viel Pollen auf eine Narbe bringt, daß diese zur dauernden Schließung veranlaßt wird, ist zwar nicht unmöglich, aber doch wohl nur ein Ausnahmefall. *Lutz* hat an sehr vielen Gartenexemplaren von Mimulus und Martynia Bestäubungen durch Insekten beobachtet, aber nie gesehen, daß die bestäubten Narben sofort geschlossen bleiben; vielmehr öffneten sie sich nach der Bestäubung wieder und machten einige Stunden später eine zweite Schließbewegung, die nun nicht mehr rückgängig gemacht wurde. Manche bleiben nach Rückregulation der ersten Schließbewegung überhaupt dauernd bis zum Welken offen. Befruchtung war in den meisten Fällen eingetreten.

Den mit Reizbarkeit ausgestatteten Narben erwächst nach *Lutz'* Überzeugung irgend ein *bedeutender* Vorteil aus dieser Eigenschaft nicht; sie ist kein Schutzmittel gegen das Keimen von fremdem Pollen, sie ist auch nicht notwendig zur Befruchtung des Ovariums. Der einzige Nutzen, welcher der Narbe aus ihrer Reizbarkeit erwachsen könnte, wird der sein, daß infolge der primären Schließbewegung der Pollen eine Zeitlang im feuchten Raume liegt und so das zu seiner Keimung nötige Wasser schnell aufnehmen kann. Das sekundäre (zweite) Schließen und der sekundäre Dauerschluß haben auf das Schlauchwachstum des Pollens keinen fördernden Einfluß, sind vielmehr durch dasselbe bedingt.

Über *Griffel und Narbe einiger Schmetterlingsblütler* (Papilionaceae) hat Karl *Mönch* Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse von Interesse sind.*) Die Studien der Blütenbiologen, besonders H. *Müllers* und *Delpinos*, haben schon auf die eigenartige Struktur der Narben mancher Papilonazeen hingewiesen, die weit abweicht von dem, was sonst bei anderen Nar-

*) Beihefte zum Bot. Zentralblatt. Bd. XXVII, 1. Abteil. Heft 1, (1911).

ben bekannt ist. So schreibt H. Müller vom Wundklee (Anthyllis vulneraria) folgendes:

„Streicht man mit der Narbe mit einigem Druck über ein Glasplättchen, so sieht man ihren Weg durch einen Streifen zäher Flüssigkeit, welche dem Glasplättchen anhaften geblieben ist, bezeichnet; bringt man sie nun mit Blütenstaub in Berührung, so bleibt derselbe so fest an ihr haften, daß er nicht leicht wieder abgestrichen werden kann. Ohne Zweifel geschieht dasselbe bei wiederholtem Insektenbesuch. Bei den ersten Besuchen gibt die Blüte Pollen an das Haarkleid der Unterseite des Besuchers ab; ist sie desselben ledig, so reibt sich bei neuen Besuchen die Narbe an der Unterseite des Insekts einen Teil ihrer zarten, mit zäher Flüssigkeit gefüllten Zellen offen und behaftet sich nun mit Blütenstaub, welcher der Unterseite des Insekts von früheren Blütenbesuchen her anhängt; so ist bei eintretendem Insektenbesuch Fremdbestäubung gesichert."

Mönch hat eine ganze Anzahl von Vertretern verschiedener Papilionazeengruppen hinsichtlich der Anatomie des Griffels und der Narbe untersucht und gefunden, daß die Form der beiden Organe außerordentlich verschieden ist, daß der feinere Bau der Narbe aber bei allen untersuchten Papilionazeen und mehreren Caesalpinazeen, nicht aber bei den nahe verwandten Mimosazeen eine Eigentümlichkeit zeigt: die Narbe ist nämlich zerreiblich; sie wird schon nach leisestem Drucke oder schon mit dem Alter desorganisiert und in einen Klumpen öliger Substanz verwandelt. Über die chemische Natur des Öles ist nicht leicht etwas zu ermitteln. Die Bedeutung der Öle dürfte darin zu suchen sein, daß sie eine Lockerung des Narbengewebes herbeiführen, das den Eintritt der Pollenschläuche erleichtert, oder daß sie auch bloß die Narbenoberfläche klebrig machen und so das Anhaften des Pollens ermöglichen. Die ökologische Bedeutung der Zerreibbarkeit der Narbe liegt wohl darin, daß die Pollenkörner dadurch in Berührung mit dem Zellsaft des Narbengewebes gelangen, der ihnen dann die Keimung gestattet. Die Unfruchtbarkeit vieler Papilionazeen bei Bestäubung mit Pollen derselben Blüte (Selbststerilität) beruht darauf, daß die Pollenkörner ohne eine solche Zerstörung der Narbe die Keimungsbedingungen nicht finden. Was den genaueren Verlauf dieser Zerstörung angeht, so vollzieht sie sich meistens in der Art, daß das ölige Sekret ein die Griffelpapillen überziehendes Häutchen, die Kutikula, ablöst oder absprengt, so daß sie sich als Ganzes oder in einzelnen Fetzen abhebt, worauf das Öl mit den Papillen verbunden die Zerreiblichkeit der Narbe bedingt. Bei den einzelnen Gruppen zeigen sich natürlich beträchtliche Unterschiede in anatomischer und physiologischer Hinsicht.

Von der eigentümlichen Bestäubung der Feige und den beiden verschiedenen Geschlechtsformen des Baumes, der Bockfeige (Caprificus) und der echten Feige (Ficus Carica L.), ist in diesen Jahrbüchern schon einmal die Rede gewesen (Jahrb. I, S. 187). Es wurden damals diese beiden Formen für die durch menschliche Zucht hervorgebrachten Geschlechtsformen (männliche und weibliche Feige) der ursprünglichen Art gehalten. Die Forschung hat sich mit diesem Ergebnis nicht zufrieden gegeben, und eine von A. Tschirsch gemeinsam mit seinem Schüler Ravasini ausgeführte Untersuchung über die Feigenbäume Italiens und ihre Beziehungen zueinander hat ergeben, daß die Frage noch etwas verwickelter ist, als es anfänglich schien.*)

Die erste Frage, die auf Grund der Untersuchung von mehr als 20.000 Fruchtständen aus allen Feigengebieten Italiens beantwortet wurde, war die, ob bei der Feige Parthenogenesis, Samenentwicklung ohne Bestäubung, stattfindet. An einer Anzahl Bäume verschiedener Spielarten aus der Umgebung Roms wurden junge Feigen, also die urnenförmigen Blütenstände, die bei der Kulturfeige innen die weiblichen Blüten enthalten, in Gazebeutel eingeschlossen, so daß die Befruchtungsinsekten, kleine Wespen, nicht eindringen konnten. Keiner dieser Blütenstände entwickelte Samen, während an denselben Bäumen die nicht umschlossenen Urnen reichlich Samen bildeten.

Aus solchen Samen der weiblichen Kulturpflanze gehen immer wieder Exemplare des wilden Feigenbaumes hervor, während der Kaprifikus und die weibliche Kulturfeige stets nur durch Stecklinge oder Pfropfreiser vermehrt werden. Nur der von den Bauern als Fico selvatico, spontaneo oder naturale bezeichnete wilde Feigenbaum verhält sich als eine gute Art; ihn sollte man als Ficus Carica L., Urfeige oder wilde Feige allein bezeichnen. Der Baum bildet in Nord- und Mittelitalien Haine, die oft weit von den Feigenkulturen entfernt liegen, kommt aber in Süditalien oft innerhalb der letzteren selbst und an Wegen und Mauern vor. Die Fruchtstände dieses wilden Baumes folgen einander in drei Generationen, wie die der beiden Kulturvarietäten. Im Februar oder März bilden sich an vorjährigem Holze die nicht eßbaren Profichi (Vorfeigen), die im Juni oder Juli reif sind und nur männliche und Wespengallenblüten bergen. Die Blütenurnen der zweiten Generation, die eßbaren Fichi, werden Ende Mai in den unteren Teilen des Baumes angelegt, enthalten nur fruchtbare langgrifflige weibliche Blüten und sind im August und September reif. Die dritte Generation, die ungenießbaren Mamme, werden im September an den jüngeren Trieben der oberen Teile des Baumes angelegt, reifen aber erst im März und April des nächsten Jahres und enthalten nur Gallenblüten. Sie dienen der Erhaltung des Insekts durch den Winter und fallen im Frühling nach dem Ausschlüpfen der Wespen, die in ihnen ihre zweite Generation durchmachen, zusammenschrumpfend ab. Mit ihnen gehen die ungeflügelten Männchen, nachdem sie die Weibchen in den Mamme befruchtet haben, zu Grunde. Die Weibchen schlüpfen durch die Öffnung der Urnen, das Ostiolum, ins Freie und begeben sich zu den noch wenig entwickelten Profichi, welche die männliche Generation der wilden Feige darstellen. Die männlichen Blüten bilden einen Kranz um die Urnen-

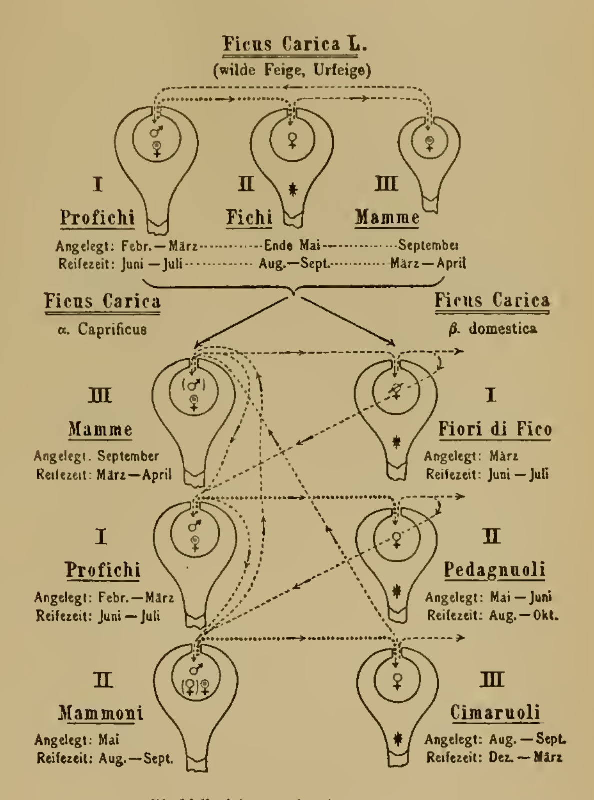
*) Berichte d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1911, S. 83.

öffnung, während der übrige Innenraum nur Gallenblüten enthält. Diese haben die Form kurzgriffeliger weiblicher Blüten, deren Griffelkanal jedoch offen und deren Eichen verkümmert ist. Die Wespe dringt mit dem Legestachel durch den Griffelkanal bis zu dem fehlgeschlagenen Fruchtknoten und belegt so einige Hundert Gallenblüten mit je einem Ei. Diese Eier entwickeln sich in den Gallen teils zu Weibchen, teils zu Männchen. Letztere sind flügellos und nehmen die Befruchtung der Weibchen noch innerhalb der Urne vor. Die befruchteten Weibchen schlüpfen aus der Galle und arbeiten sich, während die Männchen sterben, durch das Ostiolum, wobei sie sich mit dem Pollen der inzwischen reif gewordenen männlichen Blüten beladen. So fliegen sie zu den Fichi, deren weibliche Blüten dann (etwa im Juli) befruchtungsfähig geworden sind. Eine einzige Wespe kann durch Absetzen des Pollens an den Griffeln alle Blüten einer Urne befruchten. Nachdem während des Hochsommers alle Blüten befruchtet sind, ist für die trächtigen Weibchen die Zeit der Eiablage gekommen. Das Eindringen in die Fichi ist durch Schließen des Ostiolums verwehrt, so daß die Wespen ihre Zuflucht nun zu den inzwischen herangewachsenen, nur Gallenblüten enthaltenden Mamme nehmen müssen und deren Blüten mit je einem Ei belegen. Aus diesen entwickeln sich bis zum Frühling wieder Männchen und Weibchen; die letzteren beginnen durch Hinüberwandern zu den Profichi den Kreislauf aufs neue.

Tschirsch und Ravasini nehmen an, daß sich der wilde Feigenbaum, die „Urfeige", in Ober- und Mittelitalien noch inselweise hie und da erhalten hat, in Unteritalien aber stellenweise aus Samen der Kulturfeige unter Aufnahme des von Kaprifikus stammenden Insekts wieder zurückgebildet habe. Der Grund, warum der Mensch dieses Meisterwerk der Natur in zwei nur durch Stecklinge fortpflanzbare Formen zerlegt hat, ist wahrscheinlich ein doppelter. Beim Vergleich der wilden mit der Kulturfeige fällt zunächst auf, daß die erstere nur eine eßbare Generation, die letztere deren aber drei tragen kann, also fast das ganze Jahr hindurch Feigen liefert oder doch liefern kann. So vermag der Baum nötigenfalls eine durch schlechte Witterung beeinträchtigte Ernte durch eine zweite zu ersetzen. Ferner kommt die rein weibliche Feige zu einer vollkommeneren Reife, wird größer und süßer und kann in gewissen Spielarten sogar, ohne Befruchtung und Samenbildung, die sogen. „karpologische" Reife erreichen. Auch gibt die Kulturfeige bei erfolgender Befruchtung sehr viel haltbarere Feigen als der wilde Baum, dessen Fichi niemals haltbar und zu Dörrfeigen zu benutzen sind. Vielleicht hat auch der Wunsch, sicher insektenfreie Feigen zu erzielen, zur Domestikation und Spaltung der Art beigetragen. Jedenfalls ist die Zerlegung der Urfeige trefflich gelungen. Die männliche Kulturfeige, der Kaprifikus, ist fast rein männlich, die weibliche rein weiblich.

Der Kaprifikus (Ficus Carica α Caprificus) hat im typischen Falle drei Generationen, von denen keine Früchte liefert; er steht ganz im Dienste des Insekts und ist durch Abspaltung der männlichen Charaktere des wilden Feigenbaumes entstanden. Es ist den Bauern und Züchtern in Ober- und Mittelitalien völlig unbekannt und wird nur in Unteritalien und in den Gegenden, wo die Bestäubung (Kaprifikation) geübt wird, gezüchtet oder verwildert gefunden.

Die weibliche Kulturfeige (Ficus Carica β domestica), ebenfalls in zwei bis drei Blütengenerationen auftretend, die sämtliche eßbare Früchte liefern, ist aus der weiblichen Generation der wil-



Wechselbeziehungen der drei Feigentypen.
Zeichenerklärung: —— Wege der Insekten. ······ Pollenübertragung. ✱ eßbare Fruchtstände. ♂ männliche, ♀ weibliche Blüte. ☿ Gallenblüten. ⚴ sterile weibliche Blüten. (♀) vereinzelte weibliche, (♂) vereinzelte männliche Blüten.

den Feige hervorgegangen. Zu ihrer Befruchtung können sowohl die männlichen Fruchtstände des Kaprifikus als der wilden Feige benutzt werden. Sie ist anscheinend in zwei Rassentypen von Osten her in Italien eingeführt worden; der eine, der gleichzeitig mit dem Kaprifikus in den Süden Italiens gelangte, stellt die an Kaprifikation angepaßte Edelfeige dar, deren Feigen haltbar sind und getrocknet werden können; der andere Typus aber, der nach Mittel- und Oberitalien gelangte, umfaßt die Feigenrassen, die auch ohne Kaprifikation zu der „karpologischen Reife" kommen und samenlose, süße, aber nicht haltbare Tafelfeigen erzeugen.

Die Formen der Urfeige und der beiden Kulturfeigen, der Wechsel der Generationen und die Beziehungen dieser drei Typen zueinander sind aus obiger Tafel nach Tschirsch und Ravasini klar ersichtlich.

Stoffwechsel und Bewegung.

Während bisher in der Pflanzenphysiologie der Satz galt, daß nur chlorophyllfreie Pflanzen wie Bakterien und Pilze den freien Luftstickstoff in die gebundene Form überzuführen vermögen, scheint jetzt durch die Untersuchungen von Eva Mameli und Gino Pollacci auch die Assimilation des freien atmosphärischen Stickstoffs in höheren Pflanzen erwiesen zu sein.*)

In einer ersten Untersuchung hatten die Verfasser als Versuchsobjekte vorwiegend Kryptogamen, Algen, Flechten, Wasserfarne u. a. benutzt; in dieser zweiten Mitteilung berichten sie über Versuche mit höheren Pflanzen, einem Ahorn, dem schwarzen Nachtschatten, dem gemeinen Kürbis, dem Rettich und dem Buchweizen. Die Kulturen dieser Pflanzen wurden aus sterilisierten Samen erhalten, die in der ersten Versuchsreihe in sterilem, stickstofffreiem Nährsubstrat, in der zweiten in stickstoffhaltigem Boden ausgesät wurden. Die den Pflanzen zugängliche Luft war ebenfalls sterilisiert und des Ammoniak-, Salpetersäure- und Salpetrigsäurestickstoffs sowie des organischen Stickstoffs beraubt worden. Die aus dem Samen erhaltenen Pflänzchen wurden genau gewogen und analysiert. Der Unterschied zwischen der in ihnen enthaltenen Stickstoffmenge und dem Stickstoffgehalt der Samen ergab die der Luft entzogene Stickstoffmenge.

Alle Versuche ergaben eine mehr oder weniger beträchtliche Stickstoffzunahme in den Pflanzen, die auf Assimilation freien Stickstoffs zurückzuführen ist. So ergab sich z. B. in der ersten Versuchsreihe, daß Raphanus sativus in der zweieinhalbmonatigen Vegetationszeit an freiem Stickstoff fast das Vierfache des Stickstoffgehaltes der Samen aufgenommen hatte. In der zweiten Versuchsreihe, wo der Boden eine bekannte Menge gebundenen Stickstoffs enthielt, hatte der Rettich im Laufe von fünf Monaten aus der Luft das 15fache und aus dem Nährboden das 40fache des Samenstickstoffs genommen.

Die Verfasser schließen aus ihren Versuchen, daß die Fähigkeit, freien Stickstoff zu assimilieren, viel weiter in der Pflanzenwelt verbreitet sei als bisher angenommen wurde; sie vermuten, daß alle Pflanzen, von den Algen bis zu den Phanerogamen, unter gewissen Bedingungen mehr oder minder kräftig von dieser Fähigkeit Gebrauch machen können. Das Dasein einer solchen Fähigkeit in der Pflanzenzelle erscheine auch, abgesehen von den Versuchsergebnissen, physiologisch begründet. Auf Grund der neueren Theorien über Katalyse, Kolloidsubstanzen und Enzyme könne man annehmen, daß der freie Stickstoff sich direkt mit naszierendem (frei werdendem) Wasserstoff verbinde, wodurch eine Verbindung entstehe, die als das erste Produkt der Eiweißsynthese anzusehen sei.

Außerhalb der Pflanzenzelle hat Loew diese Verbindung schon vor mehreren Jahren erhalten, indem er in einem von Stickstoffverbindungen freien Medium bei Gegenwart von Platinschwamm oder anderen katalysierenden Stoffen die Fixierung des freien Stickstoffs unter Nitratbildung herbeiführte. In analoger Weise könnte die Fixierung des freien Stickstoffs im lebenden Pflanzenplasma vor sich gehen. Daß eine solche Fixierung tatsächlich erfolgt, beweisen die Versuche.

Dennoch verzichten viele Arten natürlich nicht auf den gebundenen Stickstoff, den sie seit langer Zeit und in großer Menge im Boden vorfinden. Wenn Jahr für Jahr einer Pflanzenspezies Stickstoffverbindungen im Überfluß dargeboten und seitens der Pflanze allmählich assimiliert werden, so können wir offenbar von dieser Art nicht erwarten, daß sie sich in Abwesenheit dieses Nahrungsüberflusses, dem sie angepaßt war, entwickle, ihre Lebensweise ganz umgestalte und ihre Zellen darauf einrichte, ein freies, im gasförmigen Zustand befindliches Element zu assimilieren, statt es in gebundener Form als unorganisches und gelöstes Salz aufzunehmen.

Es ist aber ebenfalls natürlich, daß Pflanzen existieren, die mit einem besonderen Vermögen zur Assimilation freien Stickstoffs ausgerüstet sind, wahre Stickstoffsammler, deren Kultur wir vielleicht mit der Zeit unter Anwendung geeigneter Mittel ertragreicher machen können.

Untersuchungen, welche J. B. Overton über das Verhältnis der lebenden Zellen zur Transpiration und zum Saftsteigen angestellt hat, ergaben zweifellos, daß Wasser und wässerige Lösungen durch abgetötete Stengel- und Halmstrecken hindurch geleitet werden wie durch unversehrtes Stengelgewebe.*) Overton neigt deshalb der Dixonschen Kohäsionstheorie zu. Diese besagt, daß das Emporsteigen des Wassers selbst in den höchsten Bäumen auf dem großen Widerstand beruht, den das zusammenhängende Wassersystem der Zerreißung entgegensetzt und der in Tätigkeit tritt, wenn Wasser durch die Blätter verdunstet. Den Einwand, daß die Wassersäule in den Gefäßen, den toten, der Wasserleitung dienenden pflanzlichen Membranröhren, durch Luft und Dampfbläschen unterbrochen ist, hat Dixon durch den Hinweis auf die Durchlässigkeit der Gefäßwände, die einen Zusammenhang des Wassers vermittele, zu widerlegen versucht. Die Auffassungskraft (Imbibitionskraft) der Zellwände wird nach Askenasy durch den Tod der Zelle im allgemeinen nicht beeinträchtigt, weshalb auch tote Zellen unter sonst günstigen Umständen das an ihnen verdunstende Wasser ebenso hoch heben können wie lebendige. Beweisend hiefür erscheinen auch einige Versuche Overtons, nach denen durch Gifte (Pikrin- und Chromsäure, Quecksilberchlorid) völlig getötete und dann in destilliertes Wasser gestellte Pflanzen weit größere Wassermengen verdunsten als lebende. In getöteten Pflanzen aber muß die Hebung des Wassers in den Stengeln und seine Verdunstung durch die Blätter natürlich auf rein physikalischen Vorgängen beruhen.

Diese Versuchsergebnisse widersprechen denjenigen, die Prof. A. Ursprung aus seinen Versuchen über den gleichen Gegenstand ableitete und

*) Rendiconti della R. Acad. dei Lincei, vol. XX (1911), Heft 9. Ref. in Naturw. Rundsch., 1911, Nr. 38.

*) Botanical Gazette, t. 51, (1911).

auf Grund derer er der lebenden Zelle eine große Bedeutung für das Saftsteigen zuschrieb (siehe Jahrb. VIII, 1910, S. 137).

Die **Physik biologisch wichtiger Formänderungen und Bewegungen pflanzlicher Organe bei Wasserverlust** bildet den Gegenstand einer Arbeit von Prof. Dr. C. Steinbrinck.*) Es handelt sich hier ausschließlich um Vorgänge, die von den eigentlichen Lebensprozessen unabhängig sind und sich auf rein physikalische Kräfte zurückführen lassen, wenn sie sich auch zum Teil an lebenden Organismen abspielen.

Die in Betracht kommenden Erscheinungen sind sehr mannigfaltig. Sie treten uns entgegen an





Rosen von Jericho. (Anastatica hierochontica.) 1. trocken, geschlossen, 2. angefeuchtet, entfaltet.

lebenden Organen, z. B. an Blättern von baumbewohnenden Bromeliazeen, von Gräsern, Farnen und Moosen, an Ästen von Moosen und Selaginellen, sowie an absterbenden oder toten Geweben, wie an den Ästen der Rose von Jericho, an Hüllblättern und Pappuskronen von Kompositenfrüchten, sowie an Samen-, Blütenstaub- und Sporenbehältern. Sie dienen teils als Maßregeln zum Schutze vor Wind und Sonne, teils stellen sie sich uns als kleine Maschinen, z. B. als Wurf- und Bohrapparate dar, oder sie sind als Flug- oder Saugwerkzeuge oder Streubüchsen u. dgl. ausgebildet. Immer aber sehen wir in ihnen das eine oder das andere von zwei Konstruktionsprinzipien vornehmlich verwirklicht und können sie danach in zwei Gruppen: Kohäsions- und Schrumpfungsmechanismen, teilen.

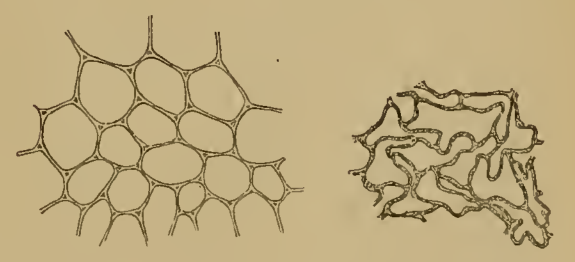
1. Kohäsionsmechanismen. Untersucht man irgendwelche saftigen Pflanzengewebe, gleichviel aus welchen Teilen der Pflanze, nach längerem Wasserverlust an mikroskopischen Schnitten, so findet man statt des regelmäßigen Maschennetzes des frischen Zustandes mit einigermaßen geradlinig ausgespannten Zellwänden ein krauses Gewirr verbogener und zerknitterter Membranen, welche ganz unregelmäßige, größtenteils stark verengte Lumina einschließen (vergl. Abb. eines frischen und eingetrockneten Gewebes aus dem Stengelparenchym der Sonnenrose). Diese durch Wasserverlust verursachte Formänderung rührt nicht etwa vom Luftdruck her, denn sie vollzieht sich genau so stark auch bei Wasserverlust im luftleeren Raume. In manchen Fällen werden dabei Wände von beträchtlicher Dicke und Festigkeit verbogen. Die Forschung hat nun durch Experimente bewiesen, daß es sich hiebei um die Wirkung von Molekularkräften handelt, die sich in der Kohäsion des flüssigen Zellinhaltes und in der Adhäsion desselben an die umschließende Membran äußern.

*) Naturw. Rundsch. XXVI, (1911), Nr. 16.

Demnach kommt die Schrumpfelung folgendermaßen zu stande. Wenn in einer lebenden oder toten, von flüssigem Inhalt (Protoplasma, Zellsaft, reinem Wasser) ganz erfüllten, nicht allzu dickwandigen Zelle das Volumen der Flüssigkeit abnimmt, so muß ihr die umschließende Membran ins Innere des Zellraumes nachfolgen; denn sie ist durch Adhäsion an die Oberfläche der Flüssigkeit oder an die Grenzmembran des lebenden Protoplasmas gebunden, und das Zerreißen der Flüssigkeit selbst ist durch deren Kohäsion verhindert.

Liegt es im Interesse der Pflanze, die Einbiegung gewisser Wandpartien oder ganzer Gewebe zu verhindern, so brauchen diese nur durch entsprechende Wandverdickungen verstärkt zu werden. In der Tat hat es die Natur in ausgezeichneter Weise verstanden, in zahllosen Fällen und in mannigfaltigster Weise nachgiebigere und widerstandsfähige Membranen so nebeneinander anzuordnen, daß durch ihren Gegensatz bei Wasserverlust zweckmäßige Spannungen entstehen und Formänderungen herbeigeführt werden. Namentlich in den Blütenstaub- und Sporenbehältern finden wir mannigfaltige und wirkungsvolle Vorrichtungen, die nach diesem Plane gebaut und den jeweiligen Verhältnissen genau angepaßt sind. Prof. Steinbrinck weist dies des näheren an dem Schleuderapparat nach, den wir bei Makrosporangien (Behälter der Großsporen bei den Kryptogamen) der Selaginellen finden.

2. Schrumpfungsmechanismen. Während bei den Kohäsionsmechanismen die Volumenverringerung der Gewebe vorwiegend durch das Schwinden des Zellinhaltes hervorgerufen wird und Dimensionsänderungen der Membranen keine nennenswerte Rolle spielen, ist bei den Schrumpfungsmechanismen das Umgekehrte der Fall. Bei ihnen wird die Deformation der Zellen meist durch frühzeitige Unterbrechung der Adhäsion vermieden. Die Volumenabnahme beruht daher fast ausschließlich auf dem Wasserverlust der Membranen.



Stengelparenchym in frischem und in eingetrocknetem Zustande.

Bei der Herstellung von Schrumpfungsmechanismen verwertet die Pflanze nun in erster Linie die natürliche Anisotropie*) der Zellhäute. Diese gibt sich wie bei den Kristallen im polarisierten Lichte zu erkennen. Die Membranen sind aber

*) Unter Anisotropie versteht man die ungleichartige Wachstumsrichtung verschiedenartiger Pflanzenorgane oder Gewebe unter der Einwirkung gleicher äußerer Kräfte.

nicht bloß nach ihrem optischen Verhalten anisotrop, sondern auch in bezug auf ihre Schrumpfungsverhältnisse. Denkt man sich also aus einer wasserdurchtränkten Zellhaut ein kugelförmiges Substanzelement herausgeschnitten, so geht dieses bei Wasserverlust in ein dreiachsiges Ellipsoid mit oft sehr ungleichen Achsen über.

Die Natur verwendet nun diese Tatsache beim Aufbau der Schrumpfungsmechanismen in der Weise, daß sie gleich bei der ersten Ausbildung der betreffenden Organe und während ihres Heranwachsens die feinsten submikroskopischen Substanzelemente ihrer Membranen so orientiert, daß die Schrumpfungsellipsoide verschiedener Regionen voneinander abweichen, und daß infolgedessen später entweder während des Lebens oder beim Absterben nach vorgezeichneten Richtungen erhebliche Schrumpfungsdifferenzen und dementsprechend kräftige Spannungen auftreten, die je nach der Anlage zu Längs- oder Querkrümmungen, zu Windungen, Torsionen, eventuell auch zum Aufspalten und Klaffen der Organe an gewissen Stellen führen.

Auch diese Verhältnisse erläutert Prof. Steinbrinck an dem Baue der Kapsel zweier Laubmoose, worauf näher einzugehen es hier leider an Raum mangelt. Es zeigt sich, daß auch die Bewegungen abgestorbener Organe für die Pflanze von großem Nutzen sein können.

Über die Wasserversorgung und die osmotischen Druckverhältnisse der Wüstenpflanzen, dieser im Kampfe ums Dasein anscheinend so ungünstig gestellten Kinder Floras, berichtet Prof. H. Fitting in einer ausführlichen Arbeit.*)

Daß die Wüste selbst von manchem, der dort war, für äußerst pflanzenarm gehalten wird, hat einen zweifachen Grund: erstens sind viele Wüstengewächse in der Färbung ihrem Standorte so sehr angepaßt, daß manche selbst in großer Nähe, die meisten in einiger Entfernung leicht übersehen werden; zweitens sind manche von ihnen nur einige Monate des Jahres hindurch sichtbar. Über die Art, wie diese als Xerophyten oder xerophile Pflanzen bezeichneten Wüstenbewohner in den überaus trockenen und regenarmen Gebieten ihr Dasein fristen, hat Prof. Fitting neue und überraschende Aufschlüsse gegeben.

Als die wichtigste Ursache, die den Pflanzen in der großen, oft noch durch heftige Winde verschärften Trockenheit das Leben ermöglichen, betrachtete man den Trockenschutz, die durch eine dicke, vielfach mit Wachs verkrustete Oberhaut, tief eingesenkte Spaltöffnungen, ein dichtes Haarkleid, Verringerung der Oberfläche gewährleistete Einschränkung der Verdunstung. Nun haben aber Versuche gezeigt, daß abgeschnittene Wüstenpflanzen oder Zweige von solchen an der Luft ziemlich rasch welken, also doch wohl auf eine Wasseraufnahme durch die Wurzeln angewiesen sind.

Eine andere Erklärung der Ausdauer dieser Gewächse ging davon aus, daß sie so tief wurzelten, daß sie das Grundwasser erreichten, was auf den mit Pflanzen bewachsenen, die Ebene oft um Hunderte von Metern überragenden Höhenzügen sowie auf felsigem Untergrunde nicht zutreffen kann. Wie sollten ferner die einjährigen Xerophyten in den ersten Tagen oder Wochen ihres Daseins ihren Flüssigkeitsbedarf decken können, wenn sie zu dem Zwecke ihre Wurzeln erst bis zum Grundwasser hinabsenken müßten? Auch die in der Wüste angeblich reichliche Taubildung gibt keine Erklärung. Am Rande der Wüste tritt zwar häufiger und reichlicher Taufall ein, nicht aber in der eigentlichen Wüste, wo er nur eine äußerst seltene, im ganzen Jahre nur wenige Male auftretende Erscheinung ist. Südlich von Biskra zum Beispiel, wo Fitting seine Untersuchungen anstellte, hat ein französischer Forscher in zweieinhalb Monaten nur ein- bis zweimal, eine andere Sahara-expedition in 380 Tagen dreimal Tau beobachtet.

Wenn trotzdem hier Pflanzen vegetieren können, die nachweislich Wasser verdunsten, so müssen sie es auch aus dem Boden, in dem sie wurzeln, aufnehmen können. Fitting hat nachgewiesen, daß die Wasseraufnahme vornehmlich durch die osmotischen Verhältnisse ermöglicht wird. Zum Verständnis der Erscheinungen der Osmose ist folgendes ins Gedächtnis zurückzurufen: In Wasser gelöste Stoffe, wie Zucker, Kochsalz, Salpeter u. a., üben eine gewisse Anziehung auf Wasser aus. Schichten wir über eine solche Lösung vorsichtig reines Wasser, so tritt eine allmähliche Vermischung ein und wir erhalten eine im Vergleich zur ersteren verdünnte Lösung. Sind beide Flüssigkeiten, Lösung und reines Wasser, durch eine gut und dicht schließende Membran, z. B. aus Schweinsblase getrennt, welche die Zucker- oder Salzteilchen nicht oder doch viel langsamer als Wasser hindurchläßt, so wird entsprechend schneller Wasser in die Lösung übertreten als gelöste Substanz in das Wasser.

Die Lösung wird also verdünnt werden, aber an Masse zunehmen. So wird in ihr ein Überdruck entstehen, der, wenn sie sich in geschlossenem Raume befindet, durch Vorwölbung der trennenden Membran sichtbar wird. Der Überdruck ist um so größer, je konzentrierter die Lösung ist. Ein solcher Zustand osmotischen Drucks herrscht nun auch in der lebenden Pflanzenzelle. Die gespannte Membran wird hier nicht durch die aus Zellulose bestehende Zellhaut, sondern durch die Außenschicht des Protoplasmas, die „Plasmahaut", dargestellt.

Hiedurch ist ein Mittel gegeben, den in einer Zelle herrschenden osmotischen Druck vergleichend zu bestimmen. Bringen wir lebende Zellen unter dem Mikroskop in eine mäßig starke Lösung von Salpeter oder Zucker, so entzieht die Lösung dem Zellsaft Wasser, das Volumen des Protoplasmas wird dadurch verkleinert, das Plasma hebt sich von der Zellwand ab und ballt sich zu einer Kugel zusammen. Bringen wir die Zelle in reines Wasser zurück, so nimmt der Zellsaft wieder Wasser auf, das Protoplasma dehnt sich aus und die Zelle gewinnt ihr normales Aussehen wieder. Vorausgesetzt, wir hätten diesen kurz als Plasmolyse bezeichneten Vorgang an Zellen beobachtet, die in eine fünfprozentige Salpeterlösung gelegt waren;

*) Zeitschr. f. Botanik, Bd. III, (1911), Heft 4; Ref. in Gartenflora, Zeitschr. für Garten- und Blumenkunde, 60. Jahrg., Heft 10, Dr. H. Fischer.

wenden wir nun eine vierprozentige Lösung an, ohne Plasmolyse zu beobachten, dann wird die Konzentration des Zellsaftes, die Summe der in ihm gelösten osmotisch wirksamen Stoffe etwa in der Mitte liegen, d. h. einer viereinhalbprozentigen Lösung entsprechen..

Mittels dieser, von den Pflanzenphysiologen zu großer Feinheit ausgearbeiteten Methode hat Fitting eine Reihe von Wüstenpflanzen untersucht und ganz enorm hohe Konzentrationen des Zellsaftes gefunden. Der steigenden Konzentration entspricht aber, wie oben bemerkt, ein steigender osmotischer Druck. Eine so starke osmotische Kraft ist aber darum erforderlich, weil ja jedes Bodenwasser gelöste Stoffe salzhaltiger Natur enthält, ja enthalten muß, wenn Pflanzen darin wachsen sollen. Ein Boden kann, wie der Wüstenboden, uns staubtrocken erscheinen und dennoch mehrere Hundertstel seines Gewichtes an Wasser enthalten, um so mehr, je lehmiger oder humushaltiger er ist. Wenn nun, wie im Wüstenklima, das Bodenwasser so außerordentlich spärlich und knapp ist, so wird es eine verhältnismäßig konzentrierte Lösung der Bodensalze darstellen. Um aber aus einer solchen Lösung noch Wasser aufsaugen zu können, müssen die Pflanzenzellen einen Zellsaft besitzen, der eine noch konzentriertere Lösung ist als das Bodenwasser. Dies wird vielfach durch Speicherung von Kochsalz im Zellsaft erreicht; doch ist die Fähigkeit mancher Arten, ihren Salzgehalt zu steigern, ziemlich eng begrenzt, und damit auch die Möglichkeit ihrer Verbreitung.

Die Wüstengewächse mit den höchsten osmotischen Drucken finden sich dementsprechend auch an den trockensten, felsigsten Stellen. Andere, bei denen der Druck „nur" etwa 10—15 Atmosphären beträgt, wachsen dafür in alten Erosionstälern, die zwar seit geologischen Epochen trocken liegen, trotz der starken Sonnenbestrahlung aber nahe unter der Oberfläche doch wenigstens so viel Feuchtigkeit im Boden enthalten, daß jene Gewächse noch ihr Fortkommen finden.

Daß auch Pflanzen, deren Bau so gar keine xerophytische Anpassung verrät, wie das schönblühende Peganum Harmala aus der Familie der Zygophyllazeen und der Kapernstrauch (Capparis spinosa), in der Wüste wachsen können, erklären die hohen Druckkräfte. Wo aber Wüstenpflanzen mit sonst hohem osmotischem Drucke auf etwas feuchteren Boden geraten, etwa in der Nähe einer Oase, da sinkt der Innendruck auf einen Bruchteil desjenigen herab, den die gleiche Art am trockenen Standort besitzt: ein schönes Beispiel von Anpassungsfähigkeit.

Höchst interessante Ernährungs- und Wachstumsvorgänge herrschen, wie Dr. H. Fischer*) in einer zusammenfassenden Arbeit über das entdeckte Geheimnis der Pfropfbastarde berichtet, bei den sogenannten Pfropfhybriden und Pflanzenchimären (siehe Jahrb. V, 1907, S. 131; VII, 1909, S. 153). Daß es Pfropfbastarde gar nicht gibt, daß die gegenseitige Beeinflussung von Pfropfreis und Unterlage nur in sehr bescheidenem Maße existiert — das ist das endgültige Ergebnis der vielen und mühsamen Arbeiten der letzten Jahre über dieses Problem, das lange Zeit den Botanikern und Gärtnern viel Kopfzerbrechen verursacht hat.

Eine Reihe von Versuchen hat zunächst dargetan, daß eine wesentliche Beeinflussung von Reis und Unterlage nicht stattfindet. Nach den früheren an die Pfropfbastarde geknüpften Behauptungen sollte es möglich sein, daß das Pfropfreis die Unterlage und diese das Reis in der Weise beeinflusse, daß durch Austausch der Säfte der eine Teil morphologische Eigenschaften des anderen, und umgekehrt, annähme, so daß auf diesem Wege Zwischenformen, sozusagen „vegetative Kreuzungen" entstehen sollten. Wenn auch der Übertritt chemischer Verbindungen aus einem Pfropfsymbionten in den anderen nicht ausgeschlossen erscheint; wenn auch wohl eine gewisse biologische Beeinflussung Platz greifen kann, so daß z. B. ein sonst einjähriger Sproß mehrjährig wird, so haben sich jene weitergehenden Annahmen doch nicht bewahrheitet. Die wunderbaren Gebilde, die man bisher Pfropfbastarde nannte, sind nebst noch einigen in neuerer Zeit experimentell hervorgerufenen Neubildungen jetzt als etwas ganz anderes erkannt worden als das, was man dahinter vermutete. Durch wechselseitige Beeinflussung der beiden Symbionten (Zusammenlebenden) sind sie nachweislich nicht entstanden.


Solanum tubingense. Pfropfhybride aus Tomate und schwarzem Nachtschatten, in letzterem zurückschlagend.

Auf die Entdeckung dieses Geheimnisses führt der Zufall auf einem Umweg. E. Baur hatte die Anatomie und die Erblichkeitsverhältnisse der weißbuntblättrigen Pelargonien zum Gegenstand seines Studiums gemacht. An Exemplaren, deren Blätter nur in der Mitte grün, außen von einem unregelmäßig begrenzten farblosen Rande umgeben

*) Naturw. Wochenschr., Bd. X, Nr. 39.

sind, ließ sich feststellen, daß alle weißen Teile zwar Chromatophoren (Farbstoffträger) besitzen, daß diese aber farblos sind und deshalb außer stande, Kohlensäure zu assimilieren (wohl aber können sie aus zugeführtem Zucker Stärke bilden). Aus diesen farblosen Zellen besteht aber nicht bloß der helle Rand, vielmehr steckt der ganze grüne Blatteil in einer farblosen Haut, die entsprechend auch die Vegetationspunkte der Pflanze überzieht. Die äußersten zwei bis drei Zellagen, die sonst, die Epidermis ausgenommen, Chlorophyll führen, setzen sich farblos scharf gegen das darunter liegende chlorophyllhaltige Gewebe ab.

Diese Weißrandpelargonien, obwohl nicht wie die Pfropfbastarde durch Verschmelzung zweier Spezies entstanden, sondern eine Art Bleichsucht des weißen Anteils darstellend, stimmen doch mit den Pfropfhybriden in einer sehr auffallenden Eigenschaft überein: das ist das gelegentliche Rückschlagen oder Aufspalten in die beiden Komponenten, das Austreiben ganz grüner oder ganz weißer Äste. Für die Deutung der Pfropfbastarde waren nun wichtig diejenigen Nachkommen von Pelargonien, die durch Kreuzung von Reingrün und Reinweiß erhalten waren. Aus den grün und weiß marmorierten Keimpflänzchen gingen die verschiedensten Chimären hervor, teils Sektorialchimären (d. h. abschnittweise diese oder jene Elternpflanze darstellend), teils Periklinalchimären, die entweder als grüne Pflanzen von einer weißen Haut oder als weiße Pflanzen von einer grünen Haut umschlossen waren. Auch kamen, ganz wie bei Winklers Pfropfbastarden, solche Sektorialchimären zum Vorschein, deren einer Teil ganz grün oder ganz weiß, deren anderer eine Weißrand- oder eine Grünrandpflanze war, usw.

Die Übereinstimmungen waren so auffallend, daß Baur zu dem glücklichen Gedanken gedrängt wurde, auch die sogenannten Pfropfbastarde seien nichts anderes, als aus den beiden Stammformen zusammengesetzte Periklinalchimären. Obwohl anfangs starkem Widerspruch begegnend, hat sich diese Ansicht glänzend behauptet. Eine Untersuchung der älteren Propfbastarde bestätigte alles, und durch die nun aufgefundenen Tatsachen war ohne weiteres erklärt, warum in den Pfropfhybriden immer die Oberhaut mit der des einen Pfropfsymbionten übereinstimmt, gleichgültig ob der sonstige Habitus diesem oder dem anderen ähnlicher ist. Eine Untersuchung des Cytisus Adami, einer im Jahre 1826 aus einem unter hundert Goldregenstöcken, veredelt mit Cytisus purpureus, entstandenen Pfropfhybride, zeigte mit Sicherheit: dieser solange rätselhafte Pfropfbastard ist eine Periklinalchimäre, deren Kern der Goldregen bildet, umgeben von einer einschichtigen Haut des Cytisus purpureus.

Aus den Solanum-Pfropfhybriden kam man die Regel ableiten: falls der äußere Komponent nur eine Zellschicht beiträgt, bestimmt der andere das Gesamtaussehen; ist aber der äußere zwei Zellschichten stark, dann bestimmt er auch den Habitus. Die Oberfläche samt Behaarung usw. ist natürlich stets die des äußeren Symbionten.

Keine der Pfropfhybriden oder — wie wir jetzt sagen müssen — Periklinalchimären pflanzt sich vollständig normal fort, mindestens hält die Fruchtbarkeit mit der ihrer Stammeltern nicht Schritt. Wenn aber Samen von Pfropfhybriden keimen, so gleicht die Nachkommenschaft gänzlich rein und unvermischt stets nur der einen der beiden Stammarten. Solange man an der Bastardnatur unserer Gebilde festhielt, mußte die gänzliche Ausmerzung des einen Faktors bei den Nachkommen befremden, während sie jetzt ohne weiteres verständlich ist. Die pflanzliche Entwicklungsgeschichte lehrt, daß die männlichen und die weiblichen Geschlechtszellen aus derjenigen Zellschicht hervorgehen, welche die nächste unter der äußersten, also unter der Epidermis (oder im Embryonalgewebe dem Dermatogen) ist. Da nun die beiden Teile in der Periklinalchimäre ihre Eigenart durchaus bewahren, so muß notwendig die Nachkommenschaft ganz nach derjenigen Spezies geraten, der die zweitoberste Zellschicht angehört, genau wie es Baur auch an seinen Periklinalchimären von Pelargonium gefunden hatte.

Das entdeckte Geheimnis der Pfropfbastarde hat nun jedenfalls in einer Richtung segensreich aufklärend gewirkt; nämlich gegen die Hypothese von der wechselseitigen Beeinflussung von Reis und Unterlage. Die beiden Komponenten einer Periklinalchimäre berühren sich auf tausendmal breiterer Fläche als Reis und Unterlage, es ist bei ihnen so viel mehr Gelegenheit zum Säfteaustausch gegeben — und trotzdem halten beide Teilhaber ihre spezifischen Eigenschaften mit aller möglichen Zähigkeit fest, und zwei Pfropfsymbionten, die nur an einer recht schmalen Stelle miteinander in Berührung stehen, sollten sich derart beeinflussen, daß eines die Eigenschaften des anderen annähme? Das erscheint völlig ausgeschlossen.

Aus der Kryptogamenwelt.

Die höheren Kryptogamen, Schachtelhalme, Farne und Bärlappgewächse, zeichnen sich bekanntlich dadurch aus, daß ihre Sporen nicht sofort die neue Pflanze ergeben, sondern zunächst zu einem sogenannten Vorkeim oder Prothallium auswachsen, welcher die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane, die Antheridien und Archegonien, trägt. Aus dem befruchteten Ei im Archegonium dieser Geschlechtsgeneration geht dann der bekannte Farn, Bärlapp oder Schachtelhalm, hervor, der als ungeschlechtliche Generation von neuem Sporen hervorbringt.

Das Prothallium der Lykopodien (Bärlappgewächse) ist von Bruchmann*) in mehr als 25jähriger Arbeit mit echt deutscher Gründlichkeit und entsprechendem Erfolg untersucht worden. Die lange Untersuchungszeit erklärt sich daraus, daß manche dieser Gebilde bis zu ihrer Reife zehn Jahre gebrauchen und wohl 20 Jahre alt werden können. Der Vorkeim der Bärlappe entwickelt sich, wenigstens bei vielen Arten, zu einem farblosen,

*) Flora, Allg. bot. Zeit. N. F. Bd. I, Heft 2; Ref. von M. Möbius in Naturw. Wochenschr., IX, Nr. 41.

unterirdisch und saprophytisch (von abgestorbenen organischen Stoffen) lebenden Knöllchen, das äußerst schwer aufzufinden ist. Bruchmann gehört zu den ersten, die überhaupt ein Bärlappprothallium gesehen haben, und schon 1898 lehrte er uns die der vier bekanntesten deutschen Arten mit allen Einzelheiten ihres Baues und der Entwicklung ihrer Geschlechtsorgane kennen. Aber es fehlte noch die Kenntnis der Entwicklung des Prothalliums aus der Spore, und es bedurfte einer so langjährigen Beharrlichkeit, wie Bruchmann sie anwandte, um endlich das Rätsel zu lösen, das die Lykopodien der Forschung aufgaben.

Unter den versuchten Methoden brachte die folgende die besten Ergebnisse. Sporen oder zerkleinerte reife Sporenähren wurden mit Walderde in Blumentöpfen ohne Boden vermischt und diese Töpfe im Walde an solchen Stellen versenkt, wo die zu studierende Art wuchs oder wenigstens ihre Wachstumsbedingungen finden konnte. Dann wurde viele Jahre hindurch immer wieder nachgesehen und eine Probe nach der anderen entnommen. So gelang endlich die lückenlose Darstellung der Keimung der Sporen und der Entwicklung der Prothallien von Lycopodium clavatum, annotinum und Selago. Vor allem interessant in dieser Entwicklung ist die Tatsache, daß die Prothallien, um ihre Ausbildung vollziehen zu können, eines Pilzes bedürfen, ähnlich wie dies neuerdings für die Orchideenkeimlinge gezeigt worden ist (siehe Jahrb. IX, S. 158). Dadurch wird es auch klar, warum die früheren Beobachter nur die ersten Stadien der Sporenkeimung beobachten konnten, und warum die jungen Keimlinge sich nicht weiter entwickelten. Es fehlte ihnen der Pilz, ohne dessen Beihilfe ein Hinausgehen über diesen Anfang nicht möglich ist.

Bei Lycopodium clavatum und annotinum keimten die Sporen, die eine netzartige Membran besitzen, erst nach sechs bis sieben Jahren, auch zeigten sich nur etwa fünf Prozent der Sporen eines Sporangiums keimfähig. Die erste Keimungsphase wird selbständig, ohne Pilz, erreicht und liefert einen Körper von fünf Zellen, die in ganz bestimmter Folge entstehen. Die Zellen enthalten natürlich kein Chlorophyll, sondern die ganze Entwicklung verläuft soweit auf Kosten der in der Zelle enthaltenen Reservestoffe. In diesem Zustand kann der Keimling ein ganzes Jahr verbleiben, und seine Weiterbildung ist nur möglich, wenn ein Fadenpilz in das Prothallium eintritt und sich mit ihm weiter entwickelt. Sehr merkwürdig ist es, wie der Pilz auf die äußeren Zellen des Prothalliums beschränkt bleibt, denen er jedoch auch nichts schadet, sondern für ihre Ernährung förderlich wird. Wir haben es also mit einem ganz saprophytischen Pflanzenkörper in einer der denkbar einfachsten Formen der Symbiose zu tun, von dem wir wissen, daß er nur durch Anregung und unter Mitwirkung des Pilzgenossen wachsen kann.

In der dritten Entwicklungsphase erlangen Prothallium und Pilz eine neue Differenzierung. Das erstere wird zu einem kleinen, kegelförmigen Gebilde und stellt sich unter dem Einfluß des Geotropismus so, daß die Basis des Kegels, der jüngste Teil, nach oben gerichtet ist. Im Innern sind Rindenschicht und Epidermis, letztere mit Wurzelhaaren, zu unterscheiden. An die erstere grenzt innen die sogenannte Pallisadenschicht, die das Speichergewebe als den innersten Teil einfaßt, und oben geht alles in das Scheitelmeristem, die Wachstumszone, über. Der Pilz findet sich innerhalb der Rinden- und Pallisadenschicht innerhalb der Zellen, in der Speicherschicht wächst er zwischen den Zellen, während er das fortwachsende Meristem frei läßt.

In der vierten Phase keilt sich sodann in das Speichergewebe noch ein leitendes Gewebe ein, und auf dem Scheitel bildet sich der Blütenboden aus, d. h. ein Höcker, der anfangs nur Antheridien, später auch Archegonien trägt. Der Pilz läßt das leitende und generative Gewebe sowie die Wachstumszone frei und bildet in den Wurzelhaaren gelegentlich Sporangien, nach denen er vielleicht mit Pythium verwandt ist. Ein geschlechtreifes Prothallium von der Größe des Drittels einer Linse ist von der Pilzinfektion an gerechnet fünf bis sechs Jahre, von der Sporenaussaat an etwa zwölf Jahre alt. Größere Formen mögen daher immerhin eine Lebensdauer von 20 Jahren besitzen.



Entwicklung eines Farns: 1. Vorkeim von unten gesehen, mit Wurzelhärchen, Archegonien (a), und Antheridien (b), 10 mal vergrößert. 2. Junge Farnpflanze auf dem Vorkeim.

Bei Lycopodium Selago sind sämtliche Sporen eines Sporangiums keimfähig, ihre Keimung erfolgt nach vier bis fünf Jahren. In der Zellteilung zeigt diese Art Ähnlichkeit mit den vorher genannten, aber der Pilz verhält sich anders und dies ist sehr charakteristisch und beweist, daß er zu einer anderen Art gehört als der von L. clavatum und annotinum. Geschlechtsreife Prothallien von L. Selago erhielt Bruchmann nach etwa sechs bis acht Jahren.

Von den mit gleich großen Sporen versehenen Lykopodineen unterscheiden sich die als Ligulaten bezeichneten Ordnungen der Selaginellazeen und Isoëtazeen durch die Bildung von zweierlei Sporen, männlicher Klein- oder Mikrosporen und weiblicher Groß- oder Makrosporen, weshalb man sie auch als heterospore (verschiedensporige) Lykopodineen zusammengefaßt hat. Die ersteren, die Bärlappenmoose, sind moosähnliche Gewächse mit gabelspaltigem Stengel und vierzeilig stehenden Blättern, die sich auf grasigen Plätzen und felsigen Abhängen höherer Gebirge, seltener in der Ebene finden; letztere, die Brachsenkräuter, im Wasser

lebende binsenartige Gewächse, treten zerstreut in Binnenseen der Ebenen und Gebirge auf.

Die Entwicklung der Ligulaten verläuft etwas anders als die eben geschilderte der Lykopodien, indem sich die Geschlechtszellen, die Archegonien und Antheridien, nicht auf einem Prothallium entwickeln, sondern aus zwei aus verschiedenen Sporangien des fertilen Blattes der Pflanze hervorgehenden Sporenarten, den Makrosporen und den Mikrosporen, entstehen. Die Archegonien, die



1. Die zehnblättrige Selaginelle mit zwei vergrößerten Blättchen. 2. Die schweizerische Selaginella.

weiblichen Geschlechtsorgane, entstehen nur am Prothallium der Makrosporen, die im Gegensatz zu den männlichen Mikrosporen als weibliche Sporen anzusehen sind. Sie sind größer als jene, weil sie die Nahrung für die sich entwickelnde junge Pflanze aufspeichern müssen. Die Weiterentwicklung der Makrosporen ist bei den verschiedenen Arten von Selaginella verschieden. Bei Selaginella denticulata, pilifera und einigen anderen Arten beginnt die Prothalliumbildung schon, wenn die Makrospore noch im Sporangium eingeschlossen ist. Bei Selaginella rupestris entwickelt die Spore im Sporangium sogar eine Keimpflanze mit Blättern und Wurzeln. Selaginella spinulosa und helvetica beginnen ihre Weiterentwicklung erst einige Zeit nachdem die Sporen das Sporangium verlassen haben. Das weibliche Prothallium entsteht, indem der Sporenkern nach der Wand zu wandert und sich teilt. Die Tochterkerne umgeben sich mit Plasma, welches Zellhäutchen ausscheidet, so daß ein von einer Seite der Spore immer weiter fortschreitendes Zellgewebe entsteht, bis der ganze Raum ausgefüllt ist.

Diese Bildungsweise stimmt überein mit der von Isoëtes (Brachsenkraut) und der Endospermbildung im Embryosack der Gymnospermen sowie der Bildung der Antipoden und des Eiapparats bei den Angiospermen. Doch steht der letzteren das Verhalten von Isoëtes näher als das von Selaginella, denn bei dieser Gattung wird meist das weibliche Prothallium oder Endosperm in zwei Etappen gebildet, zunächst ein die Archegonien bildendes, wenigzelliges Gewebe, das primäre Prothalliumgewebe, später dann erst ein sekundäres, den größeren Rest der Spore ausfüllendes.

Auch die Mikrosporen beginnen bei Selaginella schon vor dem Ausfallen aus ihrem Sporangium die Bildung des männlichen Prothalliums und des die Samenfäden liefernden männlichen Geschlechtsorgans. Nachdem dann eines der Spermatozoiden (Samenfäden) mit Hilfe zweier an seinem spitzen Ende haftenden Zilien, mit denen es sich im Wasser bewegen kann, zu der im Archegoniuminnern ruhenden Eizelle gelangt ist und sie befruchtet hat, bildet sich diese zum Embryo aus, der langsam zu der fertigen Pflanze, der ungeschlechtlichen Generation, heranwächst. Die feineren Einzelheiten des Entwicklungsganges der Ligulaten sind von Dr. G. Ritter in einem zusammenfassenden Berichte behandelt worden, auf den hier zum Schlusse verwiesen sei. *)

*) Naturw. Wochenschr., Bd. IX, Nr. 50.

Aus der Tierwelt.

(Zoologie.)

Aus dem Wirbeltierleben * Gefiedertes Volk.

Aus dem Wirbeltierleben.

Wir wenden uns zunächst einigen Wildarten zu, die entweder infolge der Nachstellungen des Menschen oder anderer ungünstiger Einflüsse dem Aussterben nahe zu sein scheinen.

In einer Plauderei „Auf den Spuren des Bibers" führt uns E. Leupolt*) in den stillen Winkel der Elbeniederung, wo die letzten Reste dieses für uns schon halb sagenhaft gewordenen Nagers ihrem Ende entgegensehen. In der Zahl von 60 bis 70 Köpfen soll der Biber hier noch hausen, zumeist auf anhaltischem Gebiet in der Gegend zwischen Wittenberg und Magdeburg. Wie lange noch, ist eine Frage, die man mit ziemlicher Genauigkeit beantworten kann: in wenigen Jahrzehnten wird die Tragödie ausgespielt sein. Überschwemmungen und Nachstellungen durch gewissenlose Schiffer lichten das kleine Häuflein übermäßig, und der gesetzliche Schutz — in Anhalt und Preußen ist der Biber für tabu erklärt, kein Weidmann rührt ihn an — wird ihn kaum vor dem unvermeidlichen Untergange retten. Biberbaue

*) Volksbildung, 41. Jahrg., 1911, Nr. 19.

sieht man kaum noch, und dann sind sie auch noch verlassen.

In dämmernder Waldeinsamkeit zeigte der Führer unserm Gewährsmann den Biberbau: „Hier wohnt er jetzt.“ Nicht in einem Holzbau von der bekannten Form der Hottentottenhütte, sondern in einer Erdhöhle, wie Fuchs und Dachs sie graben. Unter den Wurzeln einer alten Eiche führten mehrere Gänge ins Innere, und mehrere gut gebahnte Wege leiteten hinab in das stille dunkle Wasser, das wie brauner Sammet in der Tiefe gebettet lag. Eine der Höhle vorgelagerte Sandbank bot dem geschickten Schwimmer einen Landungsplatz. Abendschatten müssen dunkeln, wenn Freund Biber sein unterirdisches Reich verläßt. Nach mehreren Stunden Wartens — ein Geräusch, ein Scharren und Graben und Schleifen, wie wenn einer durch einen engen Gang sich schiebt. Ein dunkler Kopf mit schwarzen Augen und weißen, leuchtenden Nagern schob sich aus der Höhle mit witternder Nase, zwei Schwimmfüße stemmten sich ein — ein leises Knirschen und Schaben — der Biber ließ sich auf die Sandbank hinab. Leupolt konnte ihn in seiner vollen Gestalt und Größe schauen. Er war etwa 80 Zentimeter lang, dick und dunkelfarbig wie ein Otter, am Hinterteile glänzte der wohl 30 Zentimeter lange silberne, blaugrau leuchtende Fischschwanz, der unseren seltsamen Nager mit den schuppigen Wasserbewohnern so merkwürdig verbindet. Er schob sich dem Wasser zu. Ein heller Schlag, wie wenn man im Bade mit flacher Hand das Wasser schlägt — und nur eine helle Linie, wie mit einem Silbergriffel in den dunklen Schiefer des Wassers geritzt — zeigte die Spur des seltenen Schwimmers, der langsam seinen Weg in der Längsrichtung des Grabens nahm.

Es ist angesichts des Schicksals, das den Biber in seinen anderen ehemaligen Wohngebieten betroffen hat, nicht zu erwarten, daß die Biberkolonie an der Elbe noch einen Aufschwung nehmen wird. Wie wenig Aussicht auf Gelingen künstliche Neubesiedlungen von ehemals mit Bibern besetzten Gebieten haben, zeigt eine Untersuchung von Dr. L. Freund über den Biber in Böhmen*). Hier scheint der Biber im Mittelalter eine große Verbreitung besessen zu haben, besonders in der Gegend von Wittingau, wo er an den Ufern der Nežarka, der Lušnitz und des Neubaches in stetig abnehmender Zahl sich bis in die erste Hälfte des 18. Jahrhunderts erhielt. Gegen Ende dieses Zeitraums war der Biber hier und damit auch in ganz Böhmen in freier Wildbahn ausgestorben. Drei Ansiedlungsversuche verliefen schließlich erfolglos. Eine im Jahre 1773 von Fürst Jos. Ad. Schwarzenberg in Rotenhof bei Krumau untergebrachte Zucht erhielt sich bis 1833 ganz gut, ging dann aber zurück und war 1849 erloschen. Eine zweite aus dieser Zucht stammende, 1804 in Wittingau angelegte Kolonie vermehrte sich zunächst 30 Jahre lang an zahlreichen Bächen und Flüßchen der Umgebung, richtete schließlich aber an Ufern und Dämmen solchen Schaden an, daß 1835 ihre Verminderung angeordnet wurde. Dazu kam dann die zunehmende Beunruhigung und Vernichtung durch Fremde, worauf es mit ihnen reißend schnell abwärts ging und sie hier Anfang der siebziger Jahre ausstarben. Der letzte Versuch mit der Biberzucht in Böhmen wurde 1865 am Rosenberger Teich gemacht, doch gelang hier eine Aufzucht durch natürliche Vermehrung nicht und die Tiere starben bis 1882 allmählich alle aus. Damit war der letzte Biber aus Böhmen verschwunden. Welchem Typus die ursprünglich im Moldaugebiet ansässigen Biber angehört haben, ob dem des Donaubibers oder dem des Elbbibers, hat sich bisher nicht feststellen lassen.

*) Naturw. Wochenschr., IX, Nr. 33.

Das einzige außerdeutsche Gebiet in Europa, aus dem neuere Nachrichten über den Biber vorliegen, ist das Mündungsgebiet des Rhone. Möglicherweise konnte er noch an einem Nebenflusse des Pripet (Rokitnosumpf) und in Nordrußland an der Petschora und Dwina vor. In Skandinavien, wo er einst sehr häufig war, ist er heute vielleicht



Biber.

auch nicht mehr vorhanden (Haacke, Tierleben der Erde). Das Schicksal des amerikanischen Bibers ist nach Haacke ebenso besiegelt wie das des europäischen. Die freilebenden Tiere werden ausgerottet, die in der Hege des Menschen lebenden verkümmern.

Ein Gegenstück zu dem Schicksal der beiden Biberarten bildet das Geschick des europäischen Wisents und des amerikanischen Bisons. In Europa hält sich das stattliche Wild freilebend nur noch in einigen entlegenen Distrikten des Kaukasus. Gehegt wird es in Deutschland in einer einzigen Herde in einem eingegatterten, als Urwald behandelten Revier des Fürsten Pleß in Oberschlesien, in Rußland in der großen Bialowitzer Heide. Leider melden nun russische Tageszeitungen*), daß unter den Rindern auf den Weiden dieser Heide der Milzbrand ausgebrochen sei und sich auch auf die dortigen Hirsche, Elche und Wisente übertragen habe, so daß die ansteckende Seuche auch diesen einzigen noch vorhandenen großen Wisentbestand zu vernichten droht. Dann würde wohl auch der kleine Plesser Bestand mangels Blutauffrischung rasch dahinsiechen und, da auch die Kaukasusherden zusammenzuschmelzen scheinen, dieses urwüchsige Wild aus Europa verschwinden.

Über die Zukunft des amerikanischen Bisons berichtet Hornaday**). Danach bestehen in den

*) Nach Kosmos-Korrespondenz 1911. Nr. 5.
**) Nature, Bd. 85, S. 12.

Vereinigten Staaten drei Bisonherden, eine im Yellowstonepark von nahezu 100, eine zweite in Wichita mit 19 und eine dritte in Montana mit 47 Stück; letztere, auf einem Gebiet von etwa 75 Quadratkilometern angesiedelt, hat die beste Aussicht auf Gedeihen, da die Größe ihres Tummelplatzes sie einigermaßen gegen die üblen Wirkungen der Inzucht schützt. Ähnlich steht es mit der Wichitaherde. Im ganzen befanden sich in Amerika am 1. Mai 1910 etwas über über 1600 Bisons in Gefangenschaft gegenüber 1010 im Jahre 1903. Die Zahl der wilden Bisons wird auf 475 geschätzt, von denen 25 im Yellewstonepark, 450 in Kanada leben. So ist auch drüben eine vor wenigen Jahrzehnten noch nach Hunderttausenden zählende Wildart vor der Kultur dahingeschmolzen wie Schnee vor der Sonne, und es ist nur sehnlichst zu wünschen und zu hoffen, daß es der vor einigen Jahren gegründeten „Amerikanischen Bison-Gesellschaft" gelingen möge, der völligen Vernichtung ihres Schützlings Einhalt zu tun.



Der beste Bisonstier der Montanaherde.

Wenden wir unseren Blick nach den ehemals so wildreichen Gefilden Zentral- und Südafrikas, so trifft er hier auf eine Wiederholung der traurigen Vorgänge, die sich in Europa und Amerika hinsichtlich der Vernichtung hervorragender Wildarten vollzogen haben. Die Sachlage ist auch hier so schlimm, daß eine Anzahl hervorragender deutscher Forscher und Gelehrten öffentlich ihre Stimmen erhoben haben, um die Aufmerksamkeit weitester Kreise, vor allem aber der maßgebenden Stellen, auch diesen für Deutschland beschämenden Zustand zu richten*).

Naturerhaltung und Wildmord in Deutsch-Ostafrika — ein Kulturskandal — ist das Thema einer Arbeit von Prof. Fritz Behn. Seine Beobachtungen auf zwei Studienreisen in Deutsch-Ostafrika scheinen ihm den Beweis dafür zu erbringen, daß auch dort augenblickliches rasches Eingreifen nötig ist. Die Eindrücke, die Prof. Behn während seiner langen Märsche in noch von Menschen unbewohnten Gegenden von der systematischen unaufhaltsamen Vernichtung der Tierwelt dieser Kolonie empfing, sind so traurige, so empörende, daß er mit allem Nachdruck gerade auf dieses Kapitel des Naturschutzes hinweisen möchte.

Deutsch-Ostafrika, an Wildreichtum fast allen Ländern des Erdballes überlegen, ist im Augenblick durch die Verordnungen des kaiserlichen Gouverneurs von Rechenberg am meisten gefährdet. Zu diesen unerschöpflichen Jagdgründen strömen nicht nur wirkliche, von Jagdleidenschaft beseelte Weidmänner, sondern leider auch Abenteurer, um sträflichen Erwerbssinn zu frönen, zusammen. Der sogenannte Sportsmann, der ein oder zwei Reisen von wenigen Monaten Dauer unternimmt, der große Geldsummen ins Land bringt, war und ist dem Wildstande niemals gefährlich. Anders die gewissenlosen Rekordschützen und gewerbsmäßigen Schießer, denen es nur auf die Zahl, den Rekord, besonders auf den Geldwert der Jagdbeute ankommt, die ohne Gefühl für die Heiligkeit der Natur roh und angebildet sämtlichen Tieren vom Elefanten bis zum kleinsten Vogel den Krieg erklärt haben und ausrotten, was ihnen vor die Büchse kommt.

Prof. Behn gibt eine Menge einzelner Beispiele für die Ausrottung wertvollen Großwilds in den von ihm besuchten Gegenden und schildert das unheilvolle Treiben vieler vor Jahren von der Deutschen Regierung trotz aller Warnungen in Ostafrika angesiedelter Buren, die oft unkontrolliert zehn Monate des Jahres von europäischen Augen ungesehen ihrem Schlächterhandwerk nachgehen und in den übrigen zwei Monaten ihr kleines, vielleicht nur pro forma angelegtes Feld bestellen oder abernten. Warnungen, Vorstellungen bei den zuständigen Stellen sind bisher wirkungslos verhallt, wenn sie nicht gar das Gegenteil bewirkt haben.

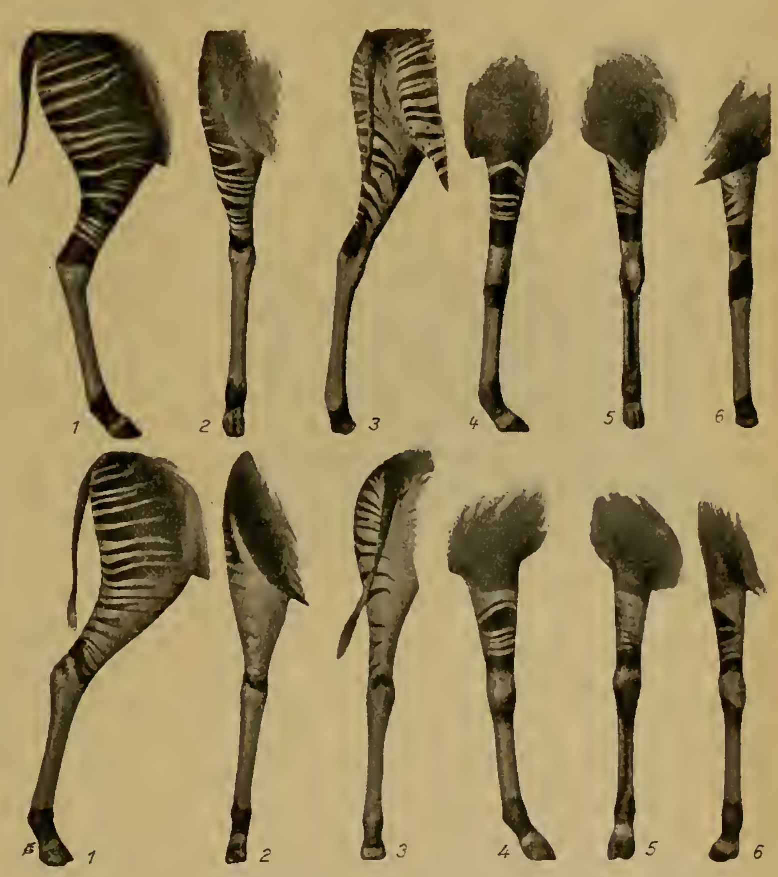
Dafür führen Prof. Behn und Prof. C. G. Schillings, der bekannte Verfasser von „Blitzlicht und Büchse", ein Beispiel an, dessen Widerlegung seitens der Deutschen Regierung bisher vergebens erwartet wurde. In seinem Vortrage: Zur Frage des Naturschutzes in den Deutschen Kolonien, namentlich in Deutsch-Ostafrika, sagt Schillings folgendes: Nach den Ausführungen, die Prof. Sarasin, der Führer der Schweizerischen Naturschutzbewegung, kürzlich in Stuttgart gelegentlich des zweiten Deutschen Vogelschutztages gemacht hat, hat der Gouverneur von Deutsch-Ostafrika vor wenigen Monaten angeordnet, daß in einer Breite von 50 Kilometer und auf eine Länge von angeblich 400 Kilometer ein ganzes ungeheures Steppengebiet von jeglichem Tierleben entblößt werde. Die Anordnung wurde getroffen, um einen „immunen" (?!) Landstreifen gegen das angeblich von der Rinderpest befallene Gebiet Britisch-Ostafrikas zu schaffen. Nach Schillings Erkundigungen sind in der Tat mehrere Kompagnien aufgeboten worden, um in Gemeinschaft mit zahlreichen Eingeborenen sämtliches Wild — es

*) Naturw. Wochenschr., Bd X (1911), Nr. 51.

handelt sich um etwa 24 verschiedene Arten — in dem genannten Gebiet völlig vom Erdboden wegzurasieren. Dieser Abschuß, um keinen stärkeren Ausdruck zu gebrauchen, soll tatsächlich wochenlang ausgeführt worden sein. Ein Bezirksamtmann allein soll amtlich die Tötung von über 2000 Stück Großwild nach Daressalam gemeldet haben! In der Station Moschi sollen heute über 16 000, in Aruscha über 6000 Schädel von erlegtem Großwild aufgehäuft liegen. Und dieser unglaubliche Wildmord ist dann plötzlich eingestellt worden, weil — in Britisch-Ostafrika keine Rinderpest vorhanden war! Im Reichskolonialamte war überraschenderweise bei einer Anfrage von Prof. Schillings über diese Vorgänge nichts bekannt.

Die Rufe der hervorragendsten Afrikaner unter unseren Forschern und Jägern nach großen Reservaten, nach Naturschutzparken für das arme gehetzte Wild sind bisher ziemlich erfolglos verhallt. Ja, nach der Deutsch-Ostafrikanischen Zeitung hat sogar der Gouverneur von Rechenberg ganz kürzlich das Wildreservat in Mahenge aufgehoben! Aus Südafrika sollen dazu jene fürchterlichen gewerbsmäßigen Elefantenschlächter herbeigeeilt sein, um die bisher in diesem Reservat geschonten Elefanten so schnell wie möglich zu morden. Möge sich — so ruft wohl jeder Naturfreund mit Prof. Schillings aus — der starke, mächtige Arm finden, der hier Hilfe schafft!

Die afrikanische Fauna ist reich an hochinteressanten Seltenheiten, die z. T. erst seit wenigen Jahren bekannt geworden sind. Da ist z. B. das seltsame und seltene Okapi, bei dessen Jagd der Europäer — man möchte sagen: glücklicherweise — auf die größten Schwierigkeiten stößt. Es gelang z. B. keinem Mitgliede der Expedition des Herzogs Adolf Friedrich zu Mecklenburg, selbst ein Okapi zu erlegen; nur durch Vermittlung der im Kongo-Urwald hausenden Wambutti, einer der afrikanischen Pygmäenhorden, gelang es, einzelne Exemplare zu erlangen. So ist denn auch über die Lebensweise dieses seltenen Wildes, das die Größe eines starken Rindes erreicht, noch wenig bekannt. Nur nachts geht es, manchmal zu kleinen Rudeln vereinigt, zur Tränke, am Tage äst und ruht es im dichtesten Buschwerk und wird hier von den Pygmäenjägern, die ihm oft tagelang folgen, mit vergifteten Speeren erlegt. Forscher wie E. Ray Lankaster*), Jules Fraipont u. a. glauben nach der Zeichnung des Felles, besonders an den Beinen, und dem Bau des Schädels mehrere Arten oder Unterarten unterscheiden zu müssen. Eine Gegenüberstellung der Beine z. B. von Johnstons und Powell-Cottons Okapis in verschiedenen Ansichten läßt beträchtliche Unterschiede in der Streifung erkennen. Da das Okapi sehr ausgedehnte Gebiete zu bewohnen scheint, so mag es sich bei diesen Unterschieden nur um Lokalrassen handeln.



Extremitäten zweier Okapirassen, oben von Johnston, unten von Powell Cotton. (1 und 2 rechtes Hinterbein, Außen- und Vorderansicht, 3 linkes Hinterbein, von innen und hinten gesehen, 4 und 5 rechtes Vorderbein, Außen- und Vorderansicht, 6 linkes Vorderbein, Rückansicht.)

Wie über das Okapi (s. Jahrb. I, 239 usw.), ist hier früher auch schon über ungewöhnlich kleine afrikanische Elefanten berichtet worden. Der französische Forscher Le Petit, der im Auftrage des Pariser Museums für Naturgeschichte an der Nordküste des Leopold II.-Sees Untersuchungen ausführte, beobachtete am Ufer dieses Sees ein Rudel kleiner Elefanten, welche die Eingeborenen als Wasserelefanten bezeichneten*). Die Tiere waren bedeutend kleiner als die gewöhnlichen afrikanischen Elefanten, Le Petit schätzte ihre Größe auf etwa zwei Meter. Sie hatten einen kurzen Rumpf, kleinere Ohren und einen verhältnismäßig längeren Hals als die gewöhnlichen Elefanten, von denen sie auch in der Form der Füße abwichen. Stoßzähne schienen zu fehlen. Genauere Beobachtung war nicht möglich, da die Tiere bald nach ihrer Entdeckung ins Wasser tauchten. Daß im Kongobecken eine Zwergrasse des afrikanischen Elefanten vermutet werden kann, wird auch durch eine Angabe in dem Reisewerke des obengenannten Herzogs zu Mecklenburg „Ins innerste Afrika" bestätigt; das von der Expedition erlegte Exemplar

*) A. Monograph of the Okapi, London 1910, (Nature Nr. 2146).

*) Naturw. Wochenschr., X, Nr. 28. (Ref. F. Müller.

hatte eine nur 112 Zentimeter lange Wirbelsäule und einen 66 Zentimeter langen und 45 Zentimeter hohen Schädel, zeigte sonst aber alle Kennzeichen und Merkmale eines alten ausgewachsenen Tieres.

Trotz der vielen Tiere — schreibt Prof. Dr. F. Doflein — welche in allen Erdteilen z. T. aus Gewinnsucht, z. T. im mißbrauchten Namen der Wissenschaft getötet worden sind, wissen wir unendlich wenig über das Leben, die Sitten, die Fortpflanzung usw. der angeblich am besten bekannten Tierformen. Welche Märchen werden uns immer noch über die Gewohnheiten der Elefanten, Giraffen, Löwen aufgebunden! Was wissen wir vom Leben der großen Menschenaffen? Welche Vorteile für die Kenntnis der menschlichen Natur ließen sich durch das genaue Studium der Gorillas und Orang-Utans gewinnen! Die neueste Zeit hat gezeigt, welch wichtige Probleme hier vorliegen,



Südafrikanisches Erdferkel.

und daß gerade diese Formen die einzigen Tiere sind, welche in einer ganzen Reihe von wichtigen Eigenschaften mit dem Menschen übereinstimmen. Aber all das läßt sich nicht an den kranken Tieren der Menagerien und Tiergärten studieren, und es wird zu spät sein, diesen Problemen nachzugehen, wenn die betreffenden Tierarten ausgerottet sind.

Einen Versuch, in dem hier angedeuteten Sinne vergleichend zu beobachten, hat Dr. Alexander Sokolowsky gemacht in seiner Schrift „Affe und Mensch in ihrer biologischen Eigenart"*). Das flott und fesselnd geschriebene Werkchen bringt gewisse Resultate, zeigt aber auch ebenso viele noch gründlicher Forschung und Bearbeitung bedürftige Probleme. Der Verfasser sagt zum Schluß: „Durch Schilderung dieser Zustände primitiver Menschen hoffe ich eine Einsicht in den Werdegang der Menschheit gegeben zu haben. Die biologische Eigenart des Affen und des Menschen sind voneinander grundverschieden. Während bei den Affen alles in der Entwicklung nach vorwärts drängt, um die einmal eingeschlagene Entwicklungsrichtung bis zur höchsten Vollkommenheit als Baumtier zu erreichen, sahen wir bei der Menschwerdung ein ganz eigenartiges Entwicklungsprinzip eintreten. Anstatt geradeaus und vorwärts, führte der Weg zunächst rückwärts, um hernach mit außerordentlich großer Entwicklungsenergie einen Weg einzuschlagen, der weitab von jeder tierischen Bildung führt. Trotzdem war es uns möglich, beim Menschen Merkmale und Züge in seinen Lebensäußerungen aufzufinden, die mit unfehlbarer Sicherheit auf den Zusammenhang mit tierischen Ahnen hinweisen und den Weg kennzeichnen, den er in der Entwicklung bis zu seiner biologischen Eigenart genommen hat. Es wäre eine wissenschaftlich äußerst verdienstvolle Arbeit, wollte ein Forscher diesen Weg bis zur letzten Höhe der Kultur, die die Menschheit erreicht hat, hinauf verfolgen. Dadurch würde sich das Endresultat ergeben, wie weit es der Mensch verstanden hat, sich in seiner Eigenart von dem Banne der Natur loszusagen und in eigener Machtvollkommenheit durchs Dasein zu wandern. Die Entwicklung steht aber nicht still, der Mensch hat demnach stets noch ein weiteres Ziel vor Augen, dem er in seinem Bestreben, sich von dem Einfluß der Natur zu isolieren, zuwandeln kann. Wie weit mag er es in dieser Hinsicht wohl noch bringen?"

Dr. Sokolowsky hat seine Resultate durch jahrelange Beobachtungen lebender Affen, insbesondere der Menschenaffen, gewonnen, was seiner Darstellung einen eigenen Reiz gibt. Da er größtenteils an gefangenen Tieren beobachtet haben wird, so muß auch das Arbeiten mit solchen für einen geübten Beobachter und Psychologen erfolgreich zu gestalten sein. Das beweist auch eine kleine Arbeit Sokolowskys über ein aus Südostafrika stammendes, bisher nur selten zu uns gebrachtes Tier aus der Gruppe der Zahnarmen, das Erdferkel (Orycteropus afer*). Diese Art trägt namentlich am Hinterkörper beträchtlich lange Haare, die für das Tier den Nutzen zu haben scheinen, daß bei seinem Grabgeschäft das nachfallende Erdreich aufgehalten wird und die ausgescharrte Höhle während des Grabens nicht so leicht zufallen kann. Der Trieb zum Graben ist bei dem Tiere sehr stark ausgeprägt. Kaum kommt es auf das lockere Erdreich seines Außengeheges, so fängt es auch schon an, sich einzuscharren, was erstaunlich rasch vor sich geht. Vor dem Beginn der Arbeit stemmt es die breite Schnauze auf den Boden und zieht die Luft ein. Allem Anschein nach will es sich auf diese Weise von der Anwesenheit der Ameisen, die in der Freiheit seine Hauptnahrung ausmachen, riechend überzeugen. Das Graben geht mittels der Vorderbeine mit großer Behendigkeit vor sich. Es wirft dabei das Erdreich hinter sich und schleudert dann die zwischen den Beinen aufgehäufte Erde mit den Hinterbeinen zurück. Durch Schleudern von Torfmull mit den Hinterbeinen erwehrte es sich in der ersten Zeit der Gefangenschaft auch seines Wärters.

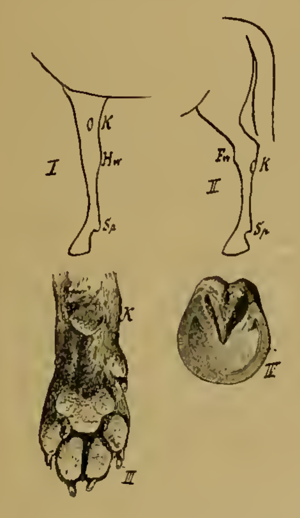
Bei dem Grabgeschäft kommen dem Erdferkel die breiten, hufartigen Nägel sehr zustatten. Die Muskeln der Gliedmaßen sind sehr ausgebildet, und der langgestreckte Kopf eignet sich vortrefflich dazu, in die durch die Vordergliedmaßen ausgescharrten Erdgruben einzudringen. Auch die Form des vorn schmächtigeren Körpers ist beim Wühlgeschäft von Nutzen. Auffallend ist der Faltenreichtum der Haut des Erdferkels. Da das Tier beim Graben und Wühlen die verschiedensten Stel-

*) Verlag Th. Thomas, Leipzig, 147 S.

*) Die Umschau, XIV. Jahrg., Nr. 51.

lungen einnimmt, namentlich aber in der Ruhelage mit Vorliebe aufgerollt liegt, indem es die Stirn platt auf den Boden drückt, so ist es von Vorteil, wenn sich die Haut recht dehnen läßt, was durch die vielen Hautfalten bewirkt wird. Die vom Erdferkel angelegten Höhlengänge liegen verhältnismäßig wenig tief unter der Erdoberfläche. Mit Vorliebe verharrte es längere Zeit schlafend darin. Im Innern einer solchen Schlafhöhle wurde stets eine ziemlich hohe Temperatur festgestellt.

Die Nahrung des Erdferkels in der Freiheit besteht aus Ameisen und Termiten, die es mit der



I. Vorder-, II. Hinterfuß des Pferdes, K Kastanien, Sp Sporn, Hw Handwurzel, Fw Fußwurzel. — III. Vorderfuß des Hundes, K Handwurzelballen, IV. Unterseite des Pferdehufs mit dem Strahl.

Zunge aus deren Bauten hervorholt. Diese Zunge ist nicht wie beim Ameisenbären dünn und drehrund, also wurmförmig, sondern zwar auch lang, aber etwa 3 Zentimeter breit.

Dr. R. Hintze*) hat seine Untersuchungen über die sogenannten Kastanien des Pferdes, diese merkwürdigen Hornwarzen an den vier Gliedmaßen der Einhufer, fortgeführt (s. Jahrb. IX., S. 193). Auf eine annehmbare Erklärung dieser vorn oberhalb der Handwurzel, hinten dagegen unterhalb der Fußwurzel sitzenden Gebilde führte ihn die zufällige Auffindung eines ganz ähnlichen Objekts am Hinterfuße des großen Känguruhs. Im Geiste ließ er die Kastanien des Pferdes wieder den Boden berühren, das Pferd einmal wieder vom Zehen- zum Sohlengänger werden, und sofort verloren die Hornplatten ihre Nutzlosigkeit und Unerklärlichkeit.

Die Betrachtung der Sohlenfläche mehrerer Tiere, die noch heute Sohlengänger oder Zehengänger sind, wie Hund, Katze, Löwe, Bär u. a., ließ sehen, daß drei Hornpolster-Gruppen in verschieden hoher Entwicklung die Füße vor Beschädigung durch den harten Untergrund bewahren. Diese Hornpolster nennt man Ballen. Jeder kann sich an dem Vorderfuße eines Hundes von der Anwesenheit der drei Ballengruppen überzeugen. Die erste Gruppe sind die Zehenballen; die Sohle wird von einem gemeinsamen großen Sohlenballen eingenommen, und in der Gegend der Handwurzel (Vorderfußwurzel) liegt ein dritter Ballen, der Handwurzel- oder Karpalballen. Beim Hund schwebt letzterer schon in der Luft und fehlt an den Hinterbeinen, bei der Katze vermissen wir sogar vorn schon den Karpalballen, während er sich beim Löwen durch seine grauschwarze Farbe sehr deutlich von dem gelben Haarkleid abhebt. Es handelt sich also um Gebilde, deren Verschwinden bei den verschiedenen Tieren ungleich weit vorgeschritten ist.

Dr. Hintze weist nun überzeugend nach, daß dem, was man bei mehrzehigen Tieren als Zehenballen bezeichnet, die bei den Einhufern der sogenannte Hufstrahl entspricht, eine keilförmige Bildung von ziemlich verwickeltem Bau an der Unterseite des Hufes, die dem Aussehen nach einfach ein Teil des Hufes geworden ist. Der Sohlenballen ist beim Pferde und den übrigen Einhufern zu einer Hornwarze von etwa Bohnengröße zusammengeschrumpft, die den Namen Sporn führt; beim Fohlen ist er noch plattenförmig, bei älteren Pferden nimmt er Stift- oder Kugelform an. Dem Hand- bezw. Fußwurzelballen entsprechen die Kastanien (Karpal- bezw. Tarsalballen). Daß sie aus allem Zusammenhange herausgerissen erscheinen, liegt daran, daß bei den Einhufern der einzige erhaltene Mittelfußknochen sehr lang geworden ist, entsprechend der gewaltigen Rolle, die er bei den steppenbewohnenden Huftieren von ihrer Geburt an spielt. Während bei Sohlengängern, z. B. einem Fischotter, Zehen-, Sohlen- und Handgelenksballen (Karpalballen) enge räumliche Beziehungen zueinander haben, ist bei den Einhufern der Karpal- und Tarsalballen aus aller Verbindung mit den übrigen Ballen gelöst und infolge Nichtgebrauches zu allmählichem Schwinden verurteilt. Dabei ist bemerkenswert, daß die Hintergliedmaße bei den



Kopf des japanischen Nasenhais.

Einhufern zuerst zur Abstoßung der unbrauchbaren Horngebilde neigt: den Eseln, Halbeseln und Zebras fehlen die hinteren Kastanien.

Die japanischen Gewässer, deren Reichtum an seltsamen Formen unseren Lesern durch die Forschungen Prof. Dofleins bekannt ist, haben jüngst wieder eine merkwürdige Tiergestalt geliefert. An der Angel des Dr. Allan Owston fing sich ein gewaltiger Hai, der wegen seiner eigentümlichen Kopfbildung den Namen japanischer Nasenhai empfing (Scapanorhynchus Owstoni). Der lange, rüsselartige Ansatz über dem mit spitzen

*) Aus der Natur, VII (1911), Heft 15.

Zähnen bewehrten Maule gibt dem etwa vier Meter langen Tiere ein groteskes Aussehen. Das bei allen Haifischen knorpelartige Skelett zeichnet sich beim Nasenhai durch so große Weichheit aus, daß man den Körper des Tieres selbst noch nach der Präparation und nach längerem Trocknen wie einen Ball zusammenrollen kann.

Die Frage, ob die Fische schlafen, hat Dr. Bastian Schmid*) durch Versuche über die Wirkung der beiden Schlafmittel Veronal und Trional bei diesen Tieren zu lösen versucht. Lösungen verschiedener Konzentration dieser Mittel wirken zunächst so, daß die Fische, selbst so lebhafte wie Haie, zu schwimmen aufhörten und sich ruhig im Wasser verhielten, ferner daß das Atmen stark verlangsamt wurde und dann auf einige Zeit aussetzte, um später allmählich wieder anzufangen.

In diesem Zustande schlafen die Fische anscheinend, denn die Empfänglichkeit für Reize ist stark herabgesetzt, verschiedene Funktionen scheinen vorübergehend ausgeschaltet zu sein und auf Sinnesreize, die im wachen Zustande sofort beantwortet werden, wird kaum oder gar nicht reagiert.

Gefiedertes Volk.

Wenn wir der Vogelwelt einen eigenen Abschnitt widmen, so bedarf das für die vielen Liebhaber unserer gefiederten Freunde keiner besonderen Rechtfertigung. Zeugt doch auch das alljährliche Erscheinen größerer und kleinerer Werke über die Vogelwelt für eine stetig noch wachsende Beliebtheit der Vögel und zunehmende Beschäftigung mit ihnen. Da ist zunächst von dem großen „Katalog der Schweizerischen Vögel“ von Th. Studer und V. Fatio ein neuer, die Grasmücken, Drosseln und Steindrosseln enthaltender Band**) erschienen, der für den Vogelliebhaber auch außerhalb der Schweiz eine Menge des Neuen und Wissenswerten bringt. Für manche, namentlich die verbreiteteren Vögel, wachsen sich diese Mitteilungen über Namen, Aufenthalt, Art des Auftretens (Strich-, Standvögel usw.), Biologisches, Nahrung, Verbreitung zu förmlichen Monographien aus, die in gleichem Umfange kaum anderswo anzutreffen sind.

Ein hochinteressantes und nützliches Lese- und Nachschlagewerk hat auf Grund zwanzigjähriger Forschertätigkeit einer unserer tüchtigsten Ornithologen, Wilhelm Schuster, unter dem Titel „Das Vogeljahr“ geschrieben***). Was sonst aus umfangreicher Fachliteratur mühsam zusammengesucht werden muß, finden wir hier kurz, bequem, sachlich zusammengefaßt, Angaben über Ankunft, Abreise, Aufenthalt, Brutzeit und alle sonstigen Monatsereignisse im Vogelleben, kurz alles, was dem praktischen Ornithologen im Verkehr mit seinen Freunden und Schützlingen wissenwert und ersprießlich sein kann.

*) Monatshefte für d. naturw. Unterricht, Bd. IV (1911), Heft 7.

**) VII. u. VIII. Lieferung. Basel 1911. Bearb. von G. von Burg.

***) Verlag Jul. Kühkopf, Korneuburg. 460 S. mit zahlr. Tafeln.

Dr. K. Floericke hat seinem Buch über die Vögel des deutschen Waldes ein Bändchen „Vögel fremder Länder“ folgen lassen*), in dem er, vielfach auf Grund eigener Anschauung und Erfahrung, die dem Leser teils als Käfigvögel, teils als Insassen zoologischer Gärten oder aus der Lektüre bekannt gewordenen fremden Vogelarten nach Aussehen und Eigenart schildert. Jeder Vogelfreund wird das Büchlein mit Vergnügen lesen und sich an den zahlreichen Abbildungen erfreuen.

Vogelzug und Vogelflug bilden das Thema mehrerer Arbeiten bedeutender Ornithologen. Ein Vortrag Dr. J. Thienemanns, des Vorstehers der Vogelwarte Rossitten, auf der 82. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte behandelt seine „Untersuchungen über die Schnelligkeit des Vogelfluges.“ An der Beobachtungsstelle auf der Kurischen Nehrung wurde zunächst auf einer abgesteckten Strecke von 0·5 Kilometer Länge ermittelt, wieviel Zeit die Zugvögel gebrauchen, um 500 Meter zu durchfliegen. Daraus wird dann berechnet, wieviel Meter in einer Sekunde zurückgelegt werden, worauf unter Berücksichtigung der während des Versuches herrschenden Windrichtung und Windstärke die Eigengeschwindigkeit der Vögel festgestellt werden kann. Der Zugflug der Vögel zeichnet sich nach den Beobachtungen auf der Vogelwarte Rossitten durch große Stetigkeit, weniger durch große Schnelligkeit aus. Es haben sich bisher folgende Geschwindigkeitswerte ergeben: Die Nebelkrähe (Corvus cornix) erzielt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 13·9 Meter pro Sekunde, und zwar mit vier Flügelschlägen, also pro Minute 834 Meter und für die Stunde gut 50 Kilometer; das ist nahezu die Schnelligkeit eines gewöhnlichen Schnellzuges. Die Saatkrähe (Corvus frugilegus) legt 14·5 Meter, die Dohle (Colaeus monedula) 17·1 Meter pro Sekunde zurück. Der Star hat von allen hier untersuchten Vögeln die größte Eigengeschwindigkeit, nämlich 20·6 Meter pro Sekunde. Merkwürdigerweise haben die als hervorragende Flieger bekannten Raubvögel, z. B. Wanderfalk und Sperber, auf ihren Zügen eine geringere Schnelligkeit als der Star, nämlich nur 16·45 bezw. 11·5 Meter in der Sekunde. Von Kleinvögeln vollziehen die Finken (Fringilla coelebs und Fr. montifringilla) ihre Wanderungen mit 14·6 Meter pro Sekunde, die Zeisige mit 15·5 und die Kreuzschnäbel mit 16·6 Meter. Die großen Möven wie Herings- und Mantelmöven (Larus fuscus und Larus marinus) entfalten auf ihren weitausgedehnten, sehr regelmäßig vor sich gehenden Zügen längs des Seestrandes eine Schnelligkeit von 13·8 und 13·9 Meter pro Sekunde.

Als Ergebnis seiner Untersuchungen gibt Dr. Thienemann folgende Sätze: 1. Die Eigengeschwindigkeiten der Zugvögel sind bei ein und derselben Spezies nicht immer gleich. Der Unterschied zwischen größter und kleinster Geschwindigkeit beträgt z. B. bei der Nebelkrähe 6·25 Meter. Bei zunehmendem, auch mehr oder weniger von vorn wehendem Winde scheint sich die Eigenge-

*) Kosmos, Gesellsch. d. Naturfreunde (Franckh, Stuttg.).

schwindigkeit zu vergrößern. 2. Bei 41 Einzelversuchen ist der Winkel, den Zugrichtung und Windrichtung miteinander bilden, 33mal über 90 Grad – der Wind weht also mehr oder weniger den Vögeln entgegen – und nur 8mal unter 90 Grad bei mehr oder weniger steilem Nackenwinde. Daraus geht hervor, daß die Zugvögel Gegenwind nicht scheuen*). 3. Die Regel, daß Gegenwind die Ortsbewegung der fliegenden Vögel verlangsamt, kann dahin ergänzt werden, daß es gleichgültig ist, ob der Wind von vorn oder mehr von der Seite weht. Wenn er im zweiten Fall stärker ist als im ersten, so ist die hemmende Wirkung dieselbe. Bei Seitenwind muß der Vogel den Abtrieb aus seiner Bahn immer ausgleichen.

Dem gegenüber behauptet Dr. Wilh. R. Eckardt**) in einem Aufsatz „Wetterlage und Vogelflug," daß der Vogel stets mit dem Winde zieht und beim Überfliegen größerer Meeresteile wohl überhaupt der fördernden Kraft des Windes nicht entbehren kann. Die Schnelligkeit der Fortbewegung des ziehenden Vogels setzt sich zusammen aus seiner Eigengeschwindigkeit und aus der Geschwindigkeit des Windes. Angenommen, es wehe in 1000 Meter Höhe ein Wind von 15 Meter Geschwindigkeit in der Stunde, der Vogel selbst verfüge über eine Eigengeschwindigkeit von 10 Meter in derselben Zeit, so wird er mit dem Wind in der Sekunde 25 Meter zurücklegen, während er gegen den Wind überhaupt nicht mehr aufzukommen vermag. Der fliegende Vogel wird also von der Bewegung der Luft getragen wie ein Luftballon, er schwimmt in dem Luftstrom und empfindet ihn, wie der Aeronaut, als Ruhezustand, der sein Gefieder vollkommen ungestört läßt.

Der allerwichtigste unter den meteorologischen Faktoren ist und bleibt für das Vogelzugsproblem nach Dr. Eckardt die Luftdruckverteilung. Nach den Untersuchungen Mareks sind die Vorstöße der barometischen Maxima von Norden bezw. Nordosten gegen Mitteleuropa hin als die Ursachen für den Beginn des Herbstzuges anzusehen, während die Vorstöße des subtropischen Barometermaximums, sei es von den Azoren über Spanien her oder vom Südosten Europas aus, den Beginn des Vogelzuges im Frühjahr zur Folge haben. Daß die Wanderungen der Vögel in verschiedene Perioden zerfallen, hängt von den Vorstößen der barometischen Maxima ab. Eine mannigfache und wechselnde Luftdruckverteilung, die veränderliches Wetter zur Folge hat, verursacht daher Unregelmäßigkeiten im Vogelzug. Der Frühlingszug der Vögel erfolgt meist dann, wenn sich relativ hoher Luftdruck über dem Süden und Südosten Europas aufwölbt, und wenn Gebiete niedrigen Luftdrucks über England lagern. Dadurch wird für das nördliche Alpengebiet oft eine föhnige Wetterlage bei vorherrschend südlichen Winden an der Erdoberfläche bedingt, ohne daß die Vögel jedoch unter dem direkten Geleit des Föhnwindes angekommen zu sein brauchen, da ja nur ein geringer Teil von ihnen über die Alpen zieht. Es ist nun auffallend, daß die Zugvögel in höheren Luftschichten über Mitteleuropa im Frühling eine mehr nach Nordosten gerichtete Flugbahn innehalten, während an der Erdoberfläche meist reine Südwinde wehen. Der Meteorologe erklärt das einfach dahin, daß der durch ein Minimum über den britischen Inseln verursachte Südwind in den unteren Luftschichten dem Gesetz der Luftströmungen zufolge in den höheren Schichten allmählich zu einem Westwinde wird. Und diesen jeweiligen Wind, der eben je nach der Höhe bis zu einem gewissen Grade wechseln kann, scheinen die Zugvögel je nach dem mehr oder weniger östlich gerichteten Verlauf der zum Brutgebiet führenden Zugstraßen bei für die Zugzeit günstiger Wetterlage zu benutzen. Die Feststellung der Temperatur in den verschiedenen Höhen beweist zur Genüge, daß die Zugvögel, im Frühling wenigstens, sich auf ihren Wanderungen fast stets in Luftschichten bewegen, deren Temperatur mindestens nicht über dem Gefrierpunkt liegt.

Hinsichtlich weiterer Ausführungen über dieses Thema sei auf ein Werkchen aus Dr. Eckardts Feder „Vogelzug und Vogelschutz" verwiesen.*)

Über das geistige Leben der Vögel, besonders der Papageienartigen, macht Fritz Braun auf Grund 25jähriger Beobachtungen wertvolle Bemerkungen und Schlüsse**).

Daß über die geistige Eigenart mancher Vögel weitgehende Meinungsverschiedenheiten bestehen und so schwer Übereinstimmung zu erzielen ist, beruht häufig darauf, daß die betreffenden Eigenschaften nur auf Grund von Beobachtungen an einem oder einigen Exemplaren der Art festgestellt sind, während die individuellen Verschiedenheiten innerhalb einer Spezies oft so groß sind, daß nur nach Beobachtung zahlreicher Individuen geurteilt werden darf. Vielfach, meint Braun, liegt die Schwierigkeit einer Verständigung auch darin, daß man jene geistigen Eigenschaften, die er den Vögeln zubilligt, zu gering einschätzt und die Fähigkeit, sich an bestimmte, oft verwickelte Vorgänge und ihre Begleiterscheinungen zu erinnern, als ein rein passives Verhalten des Tieres auffaßt. Man vergesse nicht, daß jede Erinnerung auch ein Moment des Urteils enthält, daß dabei eine Erscheinung aus der Fülle der Gefühle hervorgehoben und als besonders bedeutungsvoll gefühlt wird. Diese Erkenntnis gibt uns aber wohl noch nicht das Recht, gleich einen großen Schritt weiterzugehen und anzunehmen, die Tiere dächten in Begriffen, die sie der Erfahrung abgewonnen hätten, wie der Mensch. Zwischen der Erinnerung, daß durch das Niederziehen eines Drahtes die Käfigtür geöffnet wird, und dem logischen Verständnis für die Art solcher Türverschlüsse ist sicherlich ein großer Unterschied. Jene besitzt mancher Papagei, dieses kommt wohl nur dem Menschen zu. Damit verträgt es sich sehr wohl, daß bei den verschiedenen Fällen, in denen Erin-

*) Es geht aus dem Bericht nicht hervor, ob die Windrichtung für der Höhe, in der die Vögel sich bewegten, festgestellt worden ist, oder ob sie als mit der über dem Erdboden herrschenden gleichgerichtet angenommen worden ist.

**) Die Umschau, 1911, Nr. 7.

*) Teubner, Leipzig „Aus Natur und Geisteswelt".

**) Ornithol. Monatsberichte, 19. Jahrg. (1911) Nr. 7/8.

nerung tätig ist, die Beteiligung der geistigen Kräfte sehr verschieden ist.

Wie trefflich das Gedächtnis der Papageien gerade bei mechanischen Aufgaben sich bewährt, erkannte Braun zur Genüge an dem Verhalten des Gelbwangensittichs (Psittacus pertinax), der in vieler Hinsicht der klügste Vogel war, den er je sein Eigen nannte. Dieser kleine Sittich mußte, wenn die geräumigen Behälter mit größeren Papagaien zu besetzen waren, oft in einen recht engen Käfig wandern, in dem ihm der Aufenthalt recht zuwider war. Er bemühte sich daher redlich, ihm zu entrinnen, und fand dazu drei Wege. Erstens vermag es die Falltür mit dem Schnabel zu heben und dann den Kopf so zu verdrehen, daß sie ihm, während er dem Behälter entsteigt, sanft über Kopf und Nacken hinabgleitet. Zweitens gelingt es ihm, einen seitlich angebrachten Triller, der sich um einen Draht dreht, herauszuheben und durch die so entstandene Lücke zu entweichen. Drittens ist es ihm, sofern der Käfig nach einer bestimmten Seite hängt, mittels großer Anstrengung möglich, die Schublade soweit hinauszuschieben, daß er nach unten entschlüpfen kann. Möchte der Vogel nun gern seinem Gefängnis entsteigen, so geht er zuerst an die Tür. Ist diese durch einen Drahthaken befestigt, so versucht er es mit dem Triller, und wenn er auch da nicht zum Ziele kommt, so beginnt die schwere Arbeit mit dem Schubfach. Ganz zweckentsprechend wendet der Sittich sich zuerst der Maßregel zu, die ihm am wenigsten Mühe macht, und entschließt sich zu der mühsamsten erst, wenn die anderen Mittel versagen. Der Gelbwangensittich, dessen geistige Begabung hiebei so auffällig zu Tage tritt, besitzt auch sonst ein vorzügliches Gedächtnis. Noch heute begrüßt er die Schwiegereltern des Beobachters, bei denen er vor drei Jahren ein paar Monate verlebte, mit lauten Freudenbezeigungen, wenn sie in Zwischenräumen von Monaten einmal zu Gaste kommen, während er sonst für Besucher durchaus nicht zugänglich ist.

Ein treffliches Erinnerungsvermögen besitzt auch Brauns Surinamamazone (Psittacus ochrocephalus), die in gemütlicher Hinsicht ein rechter Menschenfreund ist und sich mitten auf dem Tisch des Wohnzimmers zwischen Tassen und Töpfen am wohlsten fühlt. Hocherfreut besteigt sie deshalb den Finger, wenn man ihn in den Käfig hält, um den Vogel herauszuholen. Anfangs kletterte sie auch sonst, wo sie sich immer aufhielt, auf die Hand. Recht bald aber merkte sie, daß es dann in den verhaßten Käfig zurückging, und flüchtete nun eiligst vor dem vorgehaltenen Finger, später auch vor dem zu gleichem Zwecke benutzten Stock, da die Erfahrung sie gelehrt hatte, daß dieser eigentlich nichts weiter sei als ein verlängerter Finger, nur ein anderes Mittel, sie wieder einzukerkern. Im Käfig dagegen befindlich kommt sie noch heute eilig sofort auf den Finger geklettert, der ihr in dieser Lage ein Weiser zur Freiheit ist.

Diese Surinamamazone, ihrem Gefieder und Naturell nach zu schließen ein junges Weibchen, zeigt nicht selten, wie durch sanftes, freundliches Zureden ihr Geschlechtstrieb erregt wird. Sie duckt sich dann auf den Tisch nieder und macht jene Bewegungen, durch welche sonst die Zärtlichkeit des Männchens herausgefordert wird. Die sanften liebevollen Laute, mit denen der Mensch ihr begegnet, haben also hinlängliche Ähnlichkeit mit denen der eigenen Art, um in dieser Hinsicht als stellvertretende Reize zu dienen. Wird ja doch überhaupt der Verkehr zwischen dem Menschen und dem Papagei wesentlich dadurch erleichtert, daß diese hochbegabten Tiere vornehmlich durch Laute und Berührungen sich ins Einvernehmen miteinander setzen und daß auch der Mensch im stande ist, diese Zeichen in ähnlichem Stimmungswerte hervorzubringen.

Nicht verschweigen möchte der Beobachter, daß trotz ihres guten Gedächtnisses selbst hochbegabte Papageien oft nicht im stande sind, Zusammenhänge herauszufinden, die recht nahe zu liegen scheinen. Sehr oft kommt es vor, daß sie bald nach der Fütterung ihr Futtergeschirr hinauswerfen und dann stundenlang auf Nahrung warten müssen. Weit davon entfernt, durch den Schaden gewitzigt zu sein, wiederholen sie die Sache Tag für Tag oft wochenlang, bis der Herr sich ihrer erbarmt und den Behälter so gut befestigt, daß er ihrem vorwitzigen Schnabel trotzt. Ebenso verhält es sich mit der Zerstörung der Sitzstangen, die manches Tier Tag für Tag zersplittert, um dann mißlaunig am Gitter zu hängen oder am Boden zu hocken. Wie sehr sie auch ihr selbstverschuldetes Mißgeschick empfinden, sie nehmen trotzdem keine Vernunft an.

Wie individuell verschieden Vögel derselben Art sein können, zeigt u. a. die gewöhnliche Amazone (Psittacus aestivus Lath.), die der Liebhaber von Papageien noch am ehesten in vielen Köpfen beobachten kann. Dieses Stück strebt zum Menschen wie der Magnet zum Eisen und lauscht aufmerksam jedem Worte seines Pflegers, so daß vielfach der Lerneifer des Vogels viel größer ist als der Lehreifer seiner menschlichen Hausgenossen; ein anderer Papagei erscheint munter und regsam, kümmert sich aber, während er seine Aufmerksamkeit beständig mechanischen Dingen zuwendet, nicht sonderlich um seine menschliche Umgebung. Der eine Vogel bettelt mit rührender Ausdauer um Liebkosungen, der zweite nimmt sie zwar geduldig hin, zeigt aber durch sein Verhalten, daß sie ihn nicht übermäßig entzücken, und ein dritter weist sie ruhig und entschieden, fast ärgerlich zurück, nicht weil er den Pflegeherrn fürchtet, sondern weil dieser ihn von einer Beschäftigung abhält, die seine Teilnahme gerade in höherem Maße besitzt, oder auch nur aus dem Grunde, weil er in seiner beschaulichen Ruhe gestört wird. Ähnlich so in drei Gruppen lassen die Amazonen sich auch hinsichtlich ihres Verhaltens zu menschlichen Lauten einteilen.

Wenn der Tierpfleger wirklich auch ein Tierfreund ist, so wird allerdings nicht die Menge der Worte, die ein Papagei erlernt hat, seinen Wert für ihn bestimmen, sondern die Art des gemütlichen Zusammenhanges, die zwischen ihm und dem Tiere besteht. So verhältnismäßig groß in intellektueller Hinsicht auch der Unterschied zwischen

dem Menschen und dem Papagei ist, so nahe stehen sie sich doch in vielem, was die Affekte angeht. Hat der Mensch ein Stück erwischt, das sich seinem Gebieter mit zärtlicher Liebe anschließt, so hört es bald auf, der Gegenstand kühler Beobachtung zu sein, sondern gewinnt die warme Zuneigung seines Herrn. Wie wird unser Gemüt in Mitleidenschaft gezogen, wenn ein hochbegabter Papagei vor uns dahinsiecht, wenn der Todesmatte noch seiner Freude Ausdruck gibt, sobald sein Herr sich dem Käfig nähert, wenn er noch an seinem Todestage bittend den Nacken senkt, um der gewohnten, stets ersehnten Liebkosung teilhaftig zu werden. Da schämen wir uns unserer Trauer nicht und denken wehmütig daran, daß dort ein Flämmchen flackert und erlischt, dem ähnlich, welches das große Geheimnis in unserem eigenen Leibe entzündete.

Der Mensch.

(Physiologie, Ethnologie, Urgeschichte.)

Sonderformen der menschlichen Leibesbildung * Primitive Rassen * Aus der Urzeit.

Sonderformen der menschlichen Leibesbildung.

Nachdem Dr. Hans Friedenthal in den ersten vier Teilen seiner „Beiträge zur Naturgeschichte des Menschen" das Haarkleid der Menschenrassen und der Menschenaffen einer genauen vergleichenden Untersuchung unterworfen hat, dehnt er diese in dem fünften Beitrage *) auf nahezu ein Dutzend anderer Sonderformen der menschlichen Leibesbildung aus. Weniger die wohl kaum noch anfechtbare Feststellung, daß der Mensch seine nächsten Verwandten unter den Anthropoiden zu suchen hat, als die vielen interessanten Gesichtspunkte, die sich beim Studium der einzelnen Leibesorgane ergeben haben, verleihen der Arbeit Friedenthals ihren Reiz, auch wo sie Widerspruch hervorrufen.

Das Charakteristische der menschlichen Samenzellen, daß der Basalteil des Spermakopfes sich an dem Vorderende durch eine meist gebogene Linie absetzt, findet sich nicht nur bei den Affen, sondern merkwürdigerweise in sehr ähnlicher Form auch bei den Lemuren, also Halbaffen, besonders beim Lemur macaco und etwas weniger bei Chirogale coquerelli (Rattenmaki Madagaskars). Beim Elefanten und bei einigen Raubtieren ist auch eine Ähnlichkeit der Samenzellen mit denen des Menschen vorhanden, allerdings mit Unterschieden im Bau des Kopfes. Sonst zeigen alle Säugetiere, soweit untersucht, Spermien, die von denen der Primaten und Halbaffen deutlich abweichen.

Nimmt man das Prinzip des kleinsten Arbeitsaufwandes als objektiven Maßstab für jede Vollkommenheit, so besitzt der Mensch die vollkommenste Hautbedeckung unter allen Lebewesen. Unsere Wollhärchen sind ein außerordentlich vollkommenes Instrument zur Aufnahme von Berührungsreizen; allerdings sind sie ein höchst mangelhafter Kälteschutz, aber diesen Fehler gleicht unsere Intelligenz mittels der künstlichen Bekleidung vollkommen aus. Welche Energie gespart wird, indem wir kein dichtes Haarkleid tragen, läßt sich daraus ermessen, daß nach einer Berechnung, deren Grundlage allerdings nicht mitgeteilt wird, bei wollreichen Schafen zur jährlichen Bildung des Wollpelzes in jeder Sekunde allein 120 000 Zellteilungen in der Haut stattfinden müssen. Die Haut des Menschen ist am wenigsten einseitig ausgebildet, zumal ihr auch die Sinnshaare fehlen, die sonst allen haartragenden Säugern zukommen. Sie ist auf einem phyletischen Jugendzustande stehen geblieben und hat sich dadurch ihre Vielseitigkeit bewahrt.

Die Haararmut des Menschen tritt nicht unvermittelt auf, denn auch viele Affen zeigen nackte oder wenig behaarte Körperstellen: nackte Brust des Gorilla, nackter Kehlsack des Orang, Gesäßschwielen der Pawiane, das nackte Brustdreieck des Dschelada, Wangenwülste des Mandrill u. a. Die Kleidung oder der Gebrauch des Feuers ist daher nicht für den jetzigen Zustand der Menschenhaut verantwortlich zu machen. Der Kälteschutz des nackten Menschen besteht in der außerordentlichen Verschiedenheit seiner Wärmeerzeugung, die nach Friedenthal bis auf das 15fache des Mindestwertes ansteigen kann. Mit Hilfe vermehrter Wärmeproduktion erhält sich der fast nackte Feuerländer bei einer mittleren Jahrestemperatur von 5·5° C. Die Haararmut des Menschen hat nach Friedenthal den großen Nachteil, beim Schwitzen der Haut keine rechte Abkühlung herbeizuführen, indem die Schweißtropfen leicht abfallen und daher nicht recht auf der Haut zur Verdampfung gelangen; wird der Schweiß dagegen durch einen dichten Haarpelz festgehalten, so findet eine weit stärkere Entwärmung des Körpers statt. Es fragt sich nur, ob diese Entwärmung der einzige und der wesentliche Zweck der Schweißbildung ist, und ob nicht eine weniger intensive Abkühlung eher von Vorteil als von Nachteil für den Körper ist.

Hinsichtlich der Fühlhaut von Hand und Fuß ergab sich, daß die in embryonalem Zustande bei den Primaten stark entwickelten Tastballen im

*) Jena 1910, G. Fischer. 100 Seiten mit zahlreichen Tafeln und Textabbildungen. — Referat von Prof. L. Plate in Archiv für Rassen- und Gesellschaftsbiologie, VIII. Jahrg., 1911, Heft 1.

fertigen Zustande mehr oder weniger verkümmert erscheinen. Die meisten Halbaffen dagegen behalten zeitlebens stark ausgebildete Tastballen, weshalb sie auch, sich auf der Unterlage weitertastend, so langsam gehen, während die Primaten mehr rasch bewegliche Augentiere sind. Der Satz Kollmanns, daß auf den Tastballen erster Ordnung, d. h. den Fingerspitzen, die Hauptlinien konzentrisch, bei den Affen in Längsrichtung verlaufen, erleidet bei beiden mancherlei Ausnahmen. Für den Menschen, auch für die dunklen Rassen, ist die helle Färbung der Handinnenfläche und der Fußsohle kennzeichnend, während diese Teile beim Gorilla und Tschego schwarz, bei einigen Schimpansen schwarz oder gefleckt sind. Ein Tschego-Embryo von etwa sieben Monaten zeigte jedoch ebenfalls eine ganz helle Färbung von Hand und Fußsohle, so daß die dunkle Pigmentierung offenbar erst später auftritt.

Eine Sonderbildung zeigen auch die menschlichen Nägel. Diese platten Horngebilde des Menschen unterscheiden sich von denen der übrigen Primaten durch die geringe Ausbildung der Ventralpartie des „Sohlhorns"; nur der Orang trägt an der großen Zehe einen platten Nagel wie der Mensch. Da diese Zehe aber stark rückgebildet ist, so fehlt der Nagel oft ganz. Die Nägel einiger Halbaffen, namentlich der Nycticebinen (Plumploris Hinterindiens), sind denen des Menschen außerordentlich ähnlich und ebenso arm an Sohlenhorn wie diese. Aber alle Halbaffen haben an der zweiten Zehe des Fußes eine echte Kralle. Die Ähnlichkeit der Samenzellen und der Nägel bei Menschen und Halbaffen erklärt Friedenthal im Sinne Haeckels, der annimmt, daß Halbaffen mit zur Vorfahrenstufe des Menschen gehören, obgleich die meisten lebenden Halbaffen im übrigen stark vom Menschen abweichen. Auch in der Färbung der Nägel besteht ein Unterschied: die des Menschen sind, selbst bei dunkler Haut, hell, während die der Affen dunkel sind, selbst wenn die Haut hell ist. Die Plattnägel des Menschen haben sich wahrscheinlich aus einer einfachen Kralle entwickelt, da beim Fötus des Menschen und auch des Tschego zunächst ein krallenartiger Vornagel über der Fingerkuppe gebildet wird, an dessen Basis dann erst der bleibende Nagel hervorwächst. Dieser Vornagel wird beim Menschen erst nach der Geburt abgeworfen.

Hinsichtlich der Augen herrscht innerhalb der Primatenordnung vielfache Übereinstimmung; jedoch sind auch hier einige Sonderformen zu bemerken. Nur die Primaten haben geschlossene Augenhöhlen, den gelben Fleck auf der Netzhaut mit Zentralgrube und Augen, die so nach vorn gerichtet sind, daß sie zusammenarbeiten und dasselbe Blickfeld besitzen. Bei Menschen und Affen werden die Augen beim Fötus zunächst ganz seitlich am Kopfe angelegt und wandern allmählich nach vorn, haben also anfangs die für alle übrigen Säuger — einige Halbaffen ausgenommen — charakteristische Stellung. Augenbrauen kommen nur noch bei einigen Huftieren (Giraffe, Kamel) vor. Die Menschenaffen und die übrigen Säugetiere haben an dieser Stelle nur einige starke Sinushaare. Die Farbe der Iris ist bei den meisten Menschen wie bei anderen Primaten braun bis schwarz; rötliches Pigment der Regenbogenhaut findet sich nur bei Affen, nicht bei Menschen, wogegen grüne, blaue oder gefleckte Irisfarben nur bei der hellhäutigen Menschenrasse vorkommen.

Das menschliche Ohr ist dadurch ausgezeichnet, daß das embryonale Wollhaar auf der ganzen Ohrmuschel bei den meisten Rassen und bei allen weiblichen Individuen bestehen bleibt, ferner dadurch, daß das borstige Terminalhaar auf Tragus, Antitragus und dem äußeren Ende des Gehörganges bei alten Männern gebildet wird. Die Umkrempelung des freien Randes kommt nicht nur beim Menschen, sondern auch bei Anthropoiden und unter den amerikanischen Affen bei Ateles und den Kapuzineraffen vor. Die Rudimentation (Verkümmerung und Außerdienststellung) der Ohrmuskeln findet sich auch bei manchen Affen, und der Orang ist dem Menschen insofern vorausgeeilt, daß er überhaupt keine Ohrmuskeln mehr besitzt.

Die menschliche Nase ist weit mehr Sonderbildung als Auge und Ohr. An die Nasenformen der afrikanischen Pygmäen (Akka) erinnern die unwulsteten Nasenlöcher des Gorilla. Die in der Erregung aufblähbare rüsselförmige Nase des männlichen Nasenaffen von Borneo ist eine ganz andere Bildung als die menschliche Nase; die jungen Männchen und Weibchen haben eine Wippnase, die auch bei den beiden Geschlechtern des tibetanischen Nasenaffen vorhanden ist. Die äußere menschliche Nase faßt Prof. Friedenthal als eine Anpassung des Atemvorhofes an die rasche Laufbewegung auf dem Boden und an den Aufenthalt in staubiger Luft auf und erinnert daran, daß mangelhafte Staubfiltration in der Nase leicht Neigung für Tuberkulose, Kehlkopf- und Lungenkrankheiten erzeugt. Der Baumaffe bedarf der Reinigung der Atemluft und damit der äußeren Nase nicht, letztere kann daher direkt als eine Bildung angesehen werden, die Hand in Hand mit dem Übergange zum Leben auf dem Erdboden erworben wurde. Daß das Riechvermögen des Menschen zurückgebildet wurde, erhellt daraus, daß ein Fötus bis zum achten Monat etwa sechs Riechmuscheln besitzt, während im ausgewachsenen Zustande meist nur drei vorhanden sind.

Die geringe Größe des Mundes und der umgeschlagene, bei Europäern rote Lippensaum, dessen Breite sehr erheblich variiert, ist charakteristisch für den Menschen. Eine rosa Lippenschleimhaut kommt auch vor beim Mandrill, Gorilla, Schimpansen und anderen Affen. Beim menschlichen Fötus von etwa 40 Tagen ist die Mundöffnung noch sehr breit und reicht fast bis zu den Ohren, später verkleinert sie sich allmählich. Die Zähne des Menschen sind denen der Affen der Alten Welt außerordentlich ähnlich; Dauergebiß wie Milchgebiß haben bei beiden die gleiche Zahnformel. Eine ganz geschlossene Zahnreihe kommt auch beim Orang vor, kann aber bei den Papuas fehlen. Das Kinn fehlt beim Homo primigenius wie bei den Affen. Die wichtigste Eigentümlichkeit des menschlichen Gebisses ist das Fehlen vergrößerter Eckzähne.

Das menschliche Becken trägt, obwohl dem der Anthropoiden außerordentlich ähnlich, doch einige Sonderzüge. Es ist verhältnismäßig klein — dasjenige des viel kleineren Schimpansen ist größer, hat relativ breite Darmbeine, während die Symphyse (Fuge) der Schambeine kurz ist. Rein menschlich ist auch die Konkavität (Hohlstellung) der zum Tragen der Eingeweide bestimmten Darmbeine.

Die Fetthügel der Brust sind nur dem Menschen eigen, ebenso die fortdauernd starke Entwicklung der Brustdrüsen beim Weibe; sie hängt wohl mit der langen Ernährungszeit des Kindes zusammen, die bei einigen Menschenrassen 3 bis 4 Jahre dauert.

Fettablagerungen in der Wange, im Gesäß und in der Wade finden sich ebenfalls nur beim Menschen, und zwar besonders bei Frauen. Auch die Genitalien zeigen einige Besonderheiten.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen deckt sich mit dem Ergebnis der Studien Friedenthals über Haarkleid und Blutreaktion: der Mensch und die Menschenaffen bilden eine gemeinsame Unterordnung der Anthropomorphae innerhalb der Säugetierordnung der Primaten.

Ein wichtiger Fortschritt in der Erkenntnis des Baues der Großhirnrinde ist von K. Brodmann gemacht und in seinem Werk „Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde" dargestellt worden*).

Es galt bis vor kurzem als unumstößliche Wahrheit, daß der feinere Aufbau der Gewebe der Großhirnrinde in ihrer ganzen Flächenausdehnung derselbe sei, daß sich wenigstens mit unseren heutigen mikroskopisch-histologischen Hilfsmitteln keine regionären Unterschiede in der feineren Struktur des Organs nachweisen lassen, in dem alle höheren Fähigkeiten des Menschen und seiner tierischen Verwandten, insbesondere die psychischen Leistungen erzeugt werden. Wenn auch schon längst bekannt ist, daß verschiedene geistige Funktionen an verschiedene Bezirke der Großhirnrinde örtlich gebunden (lokalisiert) sind, so verdanken wir der gemeinsamen Arbeit O. Vogts und K. Brodmanns nunmehr die Erkenntnis, daß die Hirnrindenoberfläche in viel zahlreichere histologische Bezirke zerfällt, als die Lokalisationslehre vermuten ließ. Die beiden Forscher hatten sich das Untersuchungsgebiet in der Weise geteilt, daß Vogt systematisch die Unterschiede im Markfaserbau (die Myeloarchitektonik) der verschiedenen Gegenden der Großhirnrinde, Brodmann die Unterschiede in der Anordnung der zelligen Elemente (die Zytoarchitektonik) untersuchte. Während Vogts Arbeit noch nicht zum Abschluß gelangt ist, hat Brodmann den Nachweis erbracht, daß die Hirnrinden sämtlicher Säugetierordnungen einschließlich des Menschen in eine bald größere, bald kleinere Anzahl zytoarchitektonischer Felder zerfallen, deren Grenzen er in zahlreichen Hirnkarten festgelegt hat.

In der menschlichen Hirnrinde fand der Forscher rund fünfzig solche Felder. Daß diese Gliederung keine zufällige ist, wird dadurch erwiesen, daß Vogt mit Hilfe der Markfasermethode eine fast übereinstimmende Gliederung der Rinde gefunden hat. Es folgt ferner aus den Angaben über die Merkmale, von denen Brodmann sich bei der Aufstellung eines neuen Feldes leiten ließ. Sie sind von Interesse für die Stammesgeschichte der Säugetiere. Brodmann machte nämlich zunächst die wichtige Entdeckung, daß die Hirnrinde in der ganzen Säugetierreihe ursprünglich stets aus sechs übereinander liegenden Schichten besteht. Diese Sechsschichtung ist bei allen Säugeordnungen dauernd oder wenigstens vorübergehend als ontogenetisches Durchgangsstadium beim Embryo nachweisbar. Im Laufe der individuellen Entwicklung macht die Sechsschichtung in den verschiedenen Gegenden der Großhirnrinde eigentümliche Umwandlungen durch, dergestalt, daß entweder die relative Breite der Schichten sich an manchen Stellen ändert oder daß von den sechs ursprünglichen Schichten eine oder mehrere sich in je zwei neue Schichten aufspalten, oder aber daß zwei benachbarte zu einer einzigen Schicht zusammenschmelzen. Ferner kann sich die Dichtigkeit der zelligen Elemente auf dem Gesamtquerschnitt der Rinde und innerhalb einzelner Schichten verändern; auch können bestimmte Zellformen in den Schichten an gewissen Teilen der Hinrinde auftreten. Nur wenn mehrere Änderungen dieser Art gleichzeitig erfolgen, nimmt Brodmann ein neues Feld an. Da fast nie eines dieser Merkmale sich ohne Begleitung mehrerer anderer zeigt, sind die Felder erstaunlich scharf, oft geradezu wie mit Linien umzogen gegeneinander abgegrenzt. Infolgedessen können viele Felder, z. B. das aus acht Schichten bestehende histologische Sehfeld im Hinterhauptslappen, in ihrer ganzen Ausdehnung mit bloßem Auge abgegrenzt werden.

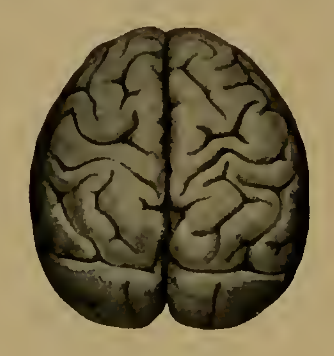
Brodmanns anatomische Feststellungen haben zum erstenmal mit Sicherheit bewiesen, daß gewisse Funktionen streng regional in der Hirnrinde lokalisiert sind. Die Beobachtungen der Physiologen und Pathologen ließen das zwar schon vermuten, konnten aber auch in anderem Sinne gedeutet werden. Damit fallen endgültig gewisse Lokalisationstheorien, die sich bis heute noch behaupten konnten.

Aus den anthropologisch interessanten Bemerkungen des Buches führt A. Knauer folgendes an. Der Mensch steht nach dem feineren Bau seiner Großhirnrinde sowie nach der topographischen Gliederung der Rindenfelder den Affen, speziell den Anthropoiden, näher als irgend einem anderen Säugetier. Der Schichtenbau eines von Brodmann untersuchten Orang-Utans glich sowohl dem Grundrisse nach wie auch hinsichtlich einzelner Feldertypen auffallend dem eines jugendlichen Menschen. Jedoch geht der bekannte Ausspruch Huxleys, alle Unterschiede im Körperbau zwischen dem Menschen und den großen Menschenaffen seien geringer als die betreffenden Unterschiede zwischen den Menschenaffen und den niederen Affen, in bezug auf die Organisation der Hirnrinde zu weit. Schon der Flächeninhalt der Rindenoberfläche von Mensch und Orang verhält sich wie 2 zu 1, der von Orang und niederen Affen wie

*) Bericht von A. Knauer im Archiv f. Rassen- und Gesellschaftsbiologie. 7. Jahrg., Heft 6.

5 zu 3 (100 000 zu 50 000 zu 30 000 Quadratmillimeter). Ferner hat sich ergeben, daß doch auch schwerwiegende Unterschiede in der feineren Struktur der Gewebe bestehen. Bei den meisten Säugetieren führt die zytoarchitektonische Rindengliederung zu mehr Feldern als die myeloarchitektonische; bei den Affen stimmt die Zahl der beiden Felderarten fast überein; beim Menschen überwiegt dagegen plötzlich in ganz auffallender Weise die Differenzierung im Markfaserbau: 50 zytoarchitektonischen Feldern stehen rund 150 myeloarchitektonische gegenüber. Mehrere der letzteren zusammen bilden in der Regel erst ein zytoarchitektonisches Feld.

Von besonderem anthropologischen Interesse sind einige Mitteilungen Brodmanns über seine Untersuchungen an 26 Großhirnhalbkugeln fremder Völkerschaften (Hereros, Hottentotten, Javaner).





Gehirn des Schimpansen, von oben und von der Seite gesehen.

Während beim Europäer die Furchen der seitlichen Großhirnfläche äußerst wechselnd in ihrer Form sind, insbesondere niemals eine sogenannte Affenspalte erkennen lassen, zeigten 70 Prozent der von Brodmann untersuchten Herero-(Neger-)gehirne, 80 Prozent der Javanergehirne und 30 Prozent der Hottentottengehirne eine ausgesprochene Affenspalte, d. h. einen tiefeinschneidenden, teils bogenförmig nach vorn, teils mehr senkrecht verlaufenden Furchenzug ziemlich weit von der Hinterhirnspitze, hinter dem sich ein zungenförmiges Rindenfeld, das sogenannte Operculum occipitale, weit nach vorn ausdehnt. Die Übereinstimmung der untersuchten Gehirne bezüglich der Affenspalte mit Gehirnen von Menschenaffen bezieht sich nicht nur auf die Hauptfurche, sondern vielfach auf alle kleinen Nebenfurchen. Beachtenswert ist die verhältnismäßige Seltenheit der Furchen bei den Hottentotten, da auch sonst anthropologische Unterschiede zwischen ihnen und den Hereros bestehen.

Neben diesen groben anatomischen Eigentümlichkeiten finden sich ferner auch Abweichungen vom Europäergehirn in der Lage der zytoarchitektonischen Felder. Beim Europäer z. B. liegt das schon erwähnte histologische Sehfeld fast ganz auf der Innenfläche der Großhirnhalbkugel und greift nur wenig, manchmal auch gar nicht auf die Außenfläche über. Im Gegensatz dazu erstreckt sich dieses Feld bei den drei genannten Völkerstämmen vielfach, wie bei den Menschenaffen, sehr weit auf die Außenfläche, zuweilen 6 bis 7 Zentimeter. Fast immer besitzt es eine ungewöhnlich große Ausdehnung auf der Außenfläche, so daß nach Brodmann in dieser Annäherung an das Affengehirn im Vereine mit den grobanatomischen Besonderheiten ein Rassenunterscheidungsmerkmal der Gehirne dieser Völkerschaften gegenüber dem Europäergehirn zu erblicken ist. Dieselben Verhältnisse hat Elliot Smith an vielen hundert Gehirnen von Ägyptern und Sudannegern festgestellt, und anderseits ist es bemerkenswert, daß affenspaltenähnliche Bildungen in Europa auch bei Mikrozephalen und Idioten gefunden werden. So wird man denn der Meinung beipflichten müssen, daß das Gehirn ebensogut morphologische Rasseneigentümlichkeiten aufweist wie der übrige Körper.

Ein ähnliches Thema, die stammesgeschichtliche Bedeutung des Reliefs der menschlichen Gehirnrinde, hat Prof. Dr. Klaatsch auf der 72. Anthropologenversammlung in Heilbronn behandelt. Er führte dabei u. a. aus, daß hinsichtlich des Gehirns die drei großen Menschenaffen, Orang, Schimpanse und Gorilla, eine große Ähnlichkeit miteinander haben, nicht nur in der Form, sondern auch in den einzelnen Furchen und Windungen des Gehirns. Sehr charakteristisch ist die Entfaltung der Zentralfurche als hintere Grenze der Zentralorgane der Bewegung, die Ausprägung der ersten Schläfenfurche parallel zur sylvischen Spalte, die Gliederung der Scheitelpartie in einen oberen und unteren Seitenwandlappen, ferner die scharfe Absetzung der Sehsphäre am Hinterhauptteil durch eine tiefe Furche, die sogenannte Affenspalte. Für das Menschengeschlecht ist der Anschluß an diesen Urzustand unverkennbar und schon in Einzelheiten nachgewiesen. Es fehlte jedoch bisher eine Stellungnahme zu der Frage, wie denn die überaus mannigfachen Variationen dieses Reliefs der menschlichen Gehirnrinde stammesgeschichtlich zu beurteilen seien.

Das Hauptinteresse wendet sich da naturgemäß der Frage zu, ob am Hirnrelief der jetzigen Menschheit Rassenunterschiede festzustellen sind; es war ein Hauptfehler der bisherigen Forschungsmethode, daß man die Menschenaffen den Menschen als Einheit gegenüberstellte. Sobald man jedoch, den Erfahrungen folgend, zu denen die Kenntnis des Skeletts führte, auch das Gehirn daraufhin untersuchte, ob hier den östlichen, asiatischen und westlichen, afrikanischen Formen entsprechende Unterschiede vorhanden seien, ergab sich auf die Frage nach den Rassenunterschieden am Gehirn sofort eine positive Antwort. Der Eingeborene des malaiischen Archipels, z. B. ein Dajak von Borneo, unterscheidet sich von einem Zentralafrikaner, z. B. einem Herero, in seinem Hirnrelief ganz bedeutend, und zwar durchaus in entsprechender Weise wie das Gehirn eines Orang von dem der großen afrikanischen Affen, des Gorilla und

des Schimpansen. In geradezu überraschender Weise löst sich bei konsequenter Vergleichung der Rassen und Großaffen miteinander das scheinbar regellose Bild der Furchen und Windungen in ganz verschiedene Entwicklungsrichtungen auf. Für das Gesamtbild des Gehirns wie für alle einzelnen Teile, besonders deutlich für den Hirnhauptteil und die Sehsphäre, läßt sich der Nachweis des Zusammenhanges afrikanischer Gehirntypen mit Gorilla und Schimpanse erbringen. Die starke individuelle Variation dieser Menschenaffen ist dabei kein Hindernis, sie gestattet im Gegenteil, bestimmte individuelle Befunde, z. B. bei Hereros, mit entsprechenden Kombinationen bei afrikanischen Menschenaffen zu vergleichen.

Für die modernen Europäer ergibt sich aus den Untersuchungen von Prof. Klaatsch, daß auch hier diese beiden Typen des Hirnreliefs, des westlichen und des östlichen, teils nebeneinander, teils gemischt vorkommen, wie das ja nach den Fossilfunden von Skeletten der Eiszeitrassen zu erwarten war (s. Jahrb. IX., S. 255 ff). Eine in Aussicht gestellte größere Arbeit des Forschers wird sein eigenes großes Tatsachenmaterial und die Arbeiten früherer Forscher über diesen Gegenstand der Öffentlichkeit unterbreiten.

Primitive Rassen.

Mit einem merkwürdig primitiven, sozusagen noch „wilden" Völkchen, dem Stamm der Kubu auf Sumatra, haben uns neuerdings die Forschungen mehrerer Ethnologen bekannt gemacht. Die Angehörigen dieses Stammes haben sich infolge der Lage ihres Wohngebietes in ursprünglicher Reinheit und Unberührtheit von jeglicher Kultur erhalten, was für die Erforschung der seelischen Beschaffenheit eines solchen Urvolkes von großer Bedeutung ist. Auf Grund persönlicher Berührung mit wilden Kubus wirft Prof. Dr. Wilh. Volz*) die Frage nach der Religion der Kubus auf: Sind die Kubus religionslos? Ist es überhaupt möglich, daß die Kubus religionslos sind? Ist ein religionsloses Volk überhaupt denkbar?

Es handelt sich bei dieser Frage nur um die ursprünglichsten Bestandteile der Kubus, die noch unbeeinflußt, weitab von jeder Kultur, im tiefsten Urwald wohnen; denn es gibt auch malaiisierte Kubus, die schließlich von primitiveren Malaien kaum noch zu unterscheiden sind. Die Lage der Wohnsitze der ursprünglichen Kubus erklärt, wie sich hier einige Bestandteile dieses Stammes noch unberührt erhalten konnten, ohne von den wie allenthalben so auch auf Sumatra nachgewiesenen Völkerwanderungen und Völkerverschiebungen betroffen zu werden.

Die Heimat der Kubus liegt ungefähr 250 Kilometer von der Südspitze Sumatras entfernt im Innern der langgestreckten Rieseninsel. Ein breiter Gürtel von Mangrovewäldern, dessen Breite auf mehr als ein Dutzend deutscher Meilen anwächst, säumt von der Südspitze an die Ostküste. Er scheint blühendes Leben, aber es gibt nicht viel Trostloseres; grün stehen die Bäume, aber keinem zur Nahrung. Von einem Vogelleben ist kaum die Rede, Vierfüßler fehlen gänzlich. Meilenweit landeinwärts setzt jede Flut das Land unter Wasser, trügerisch ist der Boden; denn die Ebbe entblößt nur weichen Schlamm, in dem Menschen und Tiere rettungslos versinken würden. Nur fischfressende Vögel können hier ihr Leben fristen, für den Menschen ist der Mangrovegürtel undurchdringlich. Landeinwärts geht er in den jungfräulichen Urwald der Niederungen über. Auch die unendlich weiten Strecken des wilden Waldes, die kaum einen Ausblick aus dem dichten, allverhüllenden Blätterdach heraus gestatten, sind kein verlockender Aufenthalt für den Menschen. Nur den Ohren des Wanderers vernehmbar, spielt sich das Vogelleben oberhalb des Blätterdaches ab, und auch sonstiges Wild ist im Urwald spärlich. Wer, mit Gewehr und Patronen gut ausgerüstet, von der täglichen Jagdbeute leben sollte, wäre dem Hungertode verfallen, wie auch schon mancher Malaie im Urwald verhungert ist. Lückenlos dehnt sich das unendliche Blätterdach über Zehntausende von Quadratkilometern, vom Mangrovegürtel der Ostküste über die Niederung der Mitte bis in das Gebirge hinein, das die Westküste Sumatras begleitet. Die großen Flüsse aufwärts sind Malaien mit ihren Booten gegangen, und an ihnen befinden sich in verschiedenen Abständen die dürftigen Dörfer der malaiischen Siedler. Aber zwischen den großen Flüssen ist jungfräulicher Urwald in zusammenhängenden Strecken von Tausenden von Quadratkilometern, die noch nie eines Malaien Fuß betreten, Gebiete, die durch keinen Pfad erschlossen sind. Und hier hausen die Kubus, unendlich gering an Zahl. Ihr Leben ist zu beschwerlich, als daß sie es je zu stärkerer Vermehrung hätten bringen können. Der Zoologe würde ein Säugetier oder einen Vogel von der relativen Häufigkeit dieser Menschen sicherlich als „außerordentlich selten" bezeichnen.

Hier, im Herzen von Südsumatra, ist der dürftige Faden jüngerer Einwanderung, die weiter nordwärts die primitive Urbevölkerung mit kultivierteren Einwanderern vermischt, längst versiegt, lange ehe er das Kubugebiet erreichte. So konnten sich die Kubus durch Jahrtausende unberührt in ihrem Urzustand erhalten. Der unermeßliche Urwald ist eine vorzügliche Zufluchtsstätte, das zeigen uns auch die zentralafrikanischen Urwälder mit ihrer Pygmäenbevölkerung.

Erst die Einwanderung des Europäers beginnt auch hier die Lage zu verändern. Er braucht Gummi und Kautschuk, er braucht Rotang und andere Buscherzeugnisse, und in seinem Dienst ziehen die eingeborenen Sammler hinaus in den Urwald, immer weiter, immer tiefer, nach gewinnbringender Beute. Auch Petroleum ist in Südsumatra in reichem Maße gefunden worden, und immer weiter ziehen die Kolonnen in den tiefen Urwald hinein, neue Fundstellen zu erbohren; Goldgräber und Zinnsucher dringen bis in die Gebirge vor, und immer kleiner wird das Gebiet unberührten Urwaldes. Wie lange noch, und die letzten Kubus schwinden dahin, und mit ihnen eins der ursprüng-

*) Peterm. Mitteil. 57. Jahrg. 1911, Juniheft.

lichsten Völker, welche der Wurzel der Menschheit nahe stehen.

Über die Lebensweise des kleinen Stammes berichtet Prof. Volz*) folgendes:

„Das Niedrigste, was uns bisher überhaupt von menschlichen Lebensformen bekannt geworden ist, finden wir bei den Kubus in Südsumatra, Zustände, die sich tatsächlich nur wenig über das Tierische erheben. Die sogenannten „wilden" Kubu sind ein auf den unzugänglichsten Urwald beschränktes Völkchen, das familienweise zusammenlebt und in kleinen Familienhorden ohne festen Wohnsitz umherschweift, die Nacht unter ganz einfachen, aus Laub hergestellten Regenschutzdächern oder in vorgefundenen Schlupfwinkeln verbringt, und deren ganzes Leben im Suchen nach Nahrung besteht. Ihre Kleidung ist ein zwischen den Beinen hindurchgezogener Gürtel aus geklopftem Baumbast sowie eine aus demselben Stoffe verfertigte Kopfbinde. Eine lange, spitze Holzstange als Lanze bildet ihre einzige Waffe. Mit einem zugespitzten Grabstock in der Hand, einen geflochtenen Tragkorb auf dem Rücken, durchziehen sie den Wald auf der Nahrungssuche. Eßbar ist ihnen alles, was einigermaßen genießbar ist; so leben sie von der Hand in den Mund, und da sie keinen Besitz haben, abgesehen von den wenigen Sachen, die sie am Leibe tragen, so ist Eigentum bei ihnen unbekannt; infolgedessen gibt es auch weder Diebstahl noch sonstige aus dem Begriff des Eigentums hervorgehende Vergehen. Selbst Schmuck ist unbekannt. Ebensowenig gibt es Haustiere oder Kulturpflanzen; Hunde und Hühner sind erst spätere Erwerbung. Fremde flieht man, und selbst mit Nachbarhorden vermeidet man Berührung. So ergibt sich von selbst das Fehlen von Tänzen, Vergnügungen irgendwelcher Art, auch von Musik. Sobald die Kinder groß genug sind, trennen sie sich von ihren Eltern und ziehen selbst herum; dementsprechend sind auch die Hochzeitsgebräuche denkbar einfach, die Ankündigung der Absicht genügt. Noch leichter ist die Trennung der Ehe, man geht einfach auseinander. Eine andere soziale Einrichtung als die Familie gibt es nicht; ebensowenig gibt es einen Grundbesitz oder Territorialrecht, obwohl sich die Horden innerhalb bestimmter natürlicher Grenzen zu halten pflegen. Transzendentale Vorstellungen irgendwelcher Art, und sei es der einfachste Aberglaube, gehen dieser Kultur vollständig ab; dementsprechend fehlt jeder Begriff von Zauberei, und auch die Einrichtung von Zauberdoktoren ist unbekannt. Man fühlt sich wehrlos gegen Krankheit und Tod, und stirbt jemand, so läßt man ihn einfach liegen und geht seiner Wege. So besteht denn tatsächlich in diesen wilden Kubu ein Volk ohne jede Spur von Religion, ein Volk, das sich nach seinem Kulturzustande kaum über die Tiere des Waldes erhebt."

Worin unterscheiden sich denn, fragt Prof. Volz, die Kubus gar so sehr von den Gibbons, welche dieselben Urwälder bewohnen, und die Prof. Volz auf seinen langen Reisen hinsichtlich ihrer Lebensweise systematisch zu beobachten reichlich Gelegenheit fand? Der Gibbon lebt monogam, familienweise, ein altes Männchen, ein altes Weibchen und die Jungen, meist zwei oder drei; die Gibbons sind in Südsumatra nicht gerade häufig, so zieht die Familie einsam durch den Urwald, und nur von Zeit zu Zeit mag sie mit anderen Familien zusammentreffen. Gelegentlich sieht man auch einzelne Gibbons, ohne daß weit und breit andere zu hören und zu entdecken waren; alle solche, die Prof. Volz erlegte, waren junge Männchen, nach seiner Meinung ausgewachsene junge Männchen, die geschlechtsreif ihre Familie verlassen haben und nun allein im Urwald schweifen, bis sie irgendwo ein junges Weibchen treffen, mit dem sie eine neue Familie gründen. Ganz ähnlich familienweise, höchstens in kleinen Familienhorden, nomadisch im Urwald umherschweifend, streng monogam lebend, kennen wir die Kubus; auch in ihrem sonstigen Leben besteht die größte Gleichheit, auch der Kubu lebt von dem Dürftigen, was der Urwald bietet, er hat kein Eigentum. Seine Sprache ist nahezu unerforscht, vielleicht daß sie uns noch wertvolle Kunde geben kann. Was wir vom geistigen Leben der Kubus wissen, sind nur eigentlich nur negative Nachrichten. Kulturell steht der Kubu kaum über dem Gibbon, die Kluft, welche ihn von den dieselben Urwälder bewohnenden Menschenaffen trennt, ist winzig.

Für die Beurteilung der geistigen Regsamkeit dieser einsamen Waldmenschen kommt noch folgendes in Betracht. Der Kubu schweift im Urwald, und wenn auch der Urwald dem verwöhnteren Gaumen wenig Genießbares bietet, für den anspruchslosen Kubu ist der Tisch immer gedeckt, allerdings nicht immer reichlich; er muß eifrig suchen, dann aber findet er stets genug, um notdürftig sein Leben zu fristen. So besteht für ihn nicht der mindeste Antrieb zu besonderer geistiger Anstrengung; wie das Wild im Urwald sucht und findet er seine regelmäßige Nahrung. Da er nur als Sammler auftritt und nur etwas Schlingenstellerei kennt, so fehlt ihm auch völlig der Impuls, den die Überlistung des schlauen Wildes der geistigen Regsamkeit des Jägers gibt. Ein bindender Beweis für die völlige Religionslosigkeit der „wilden" Kubus, für das Fehlen auch der zartesten Regungen, kann nicht erbracht werden, wenn Prof. Volz dieses Fehlen auch für wahrscheinlich hält. Jedenfalls ist ihre geistige Entwicklungshöhe derart gering, daß uns der religionslose Zustand der menschlichen Entwicklung, der ja einmal vorhanden gewesen sein muß, ganz nahe gerückt wird, und darin liegt die hohe wissenschaftliche Bedeutung der primitiven Kubus, deren Zahl leider mit unheimlicher Schnelligkeit schwindet.

Im letzten Jahrbuch (IX., S. 212) war des Aussterbens der Tasmanier im Jahre 1876 gedacht. Es ist von Interesse, einen Fachmann darüber zu hören, wann diese mit der australischen wahrscheinlich engverschwisterte Rasse die Insel, die dank der Tätigkeit der Europäer ihr Grab geworden ist, erreicht hat. Der Geologe F. Noetling in Hobart, der Hauptstadt Tasmaniens, hat die Frage nach dem Alter der menschlichen Rasse in Tasmanien nach streng geologischer Me-

*) Illustr. Völkerkunde, herausg. v. Dr. Buschan, S. 248.

thode untersucht und anscheinend endgültig gelöst, da sich seine Ergebnisse mit denen englischer Geologen hinsichtlich Australiens decken*).

Das große Interesse, dem die ausgestorbenen Ureinwohner Tasmaniens seitens der Prähistoriker begegnen, beruht hauptsächlich darauf, daß sie die reichste archäologische Kultur mit geringem eolithischen Einschlag besaßen. In Tasmanien folgte auf die archäolithische Kultur ganz unvermittelt, ohne jegliche Zwischenstufe, die von den Europäern hereingetragene Kultur der Neuzeit, und deren Einwirkung war zu kurz, um erstere durch Aufnahme fremder Ideen zu beeinflussen oder zu verändern. So bedauerlich es auch sein mag, daß die tasmanische Rasse so schnell ausstarb, so muß es wenigstens zum Troste dienen, daß dadurch ihre Kultur in voller Reinheit erhalten blieb. Dazu hat vor allem auch die große Isoliertheit der etwa 50.000 Quadratkilometer umfassenden Insel beigetragen. Die endgültige Trennung Tasmaniens von Australien und die Ausbildung seiner heutigen Küstenlinien muß vor etwa 5000 Jahren erfolgt sein.

Zur Zeitbestimmung der Einwanderung der tasmanischen Rasse gibt Noetling drei unumstößlich feststehende Tatsachen an: Die Einwanderung kann nur stattgefunden haben, als Tasmanien noch mit dem australischen Festlande verbunden war, also in postglazialer Zeit; sie muß nach dem Aussterben der gigantischen Beuteltiere auf der Insel, aber vor der Einwanderung des australischen Wildhundes, des Dingo, in Australien erfolgt sein; denn dieses Tier ist von den Tasmaniern nicht nach der Insel gebracht worden. Während der Eiszeit kann die Einwanderung nicht erfolgt sein, weil Tasmanien damals eine Insel und klimatisch so ungünstig gestellt war, daß es unbewohnbar gewesen sein muß.

In postglazialer Zeit war die heutige Baß-Straße, wie Prof. Noetling eingehend gezeigt hat, der Schauplatz großer tektonischer und vulkanischer Umwälzungen. Wäre die Einwanderung vor dieser Zeit erfolgt, so müßte man in den von jungeruptiven Basalten überlagerten Schichten doch irgendwelche Artefakte, Gebilde mit Gebrauchs- oder Bearbeitungsspuren durch Menschenhand, finden. Das ist nirgends der Fall. Höchstwahrscheinlich ist also die Einwanderung nach der Periode jungvulkanischer Tätägkeit erfolgt, was genau mit der Ansicht Gregorys übereinstimmt, der nachwies, daß auch in der jetzigen australischen Kolonie Viktoria die Einwanderung des Menschen nach der jungvulkanischen Periode erfolgt sein müsse. Die Steigerung des Wasserspiegels bis zur 25-Fadenlinie in der Baß-Straße genügt, um die Insel endgültig vom Festlande zu trennen.

Hieraus folgt, daß die Einwanderung nach dem Erlöschen der vulkanischen Tätigkeit, aber vor der durch die 25-Fadenlinie repräsentierten Periode erfolgt sein muß. Unter Zugrundelegung der Berechnung Noetlings würde sie frühestens vor 7000 Jahren begonnen haben, müßte aber spätestens vor 5000 Jahren beendet gewesen sein. In unsere Zeitrechnung übertragen, kann die Einwanderung etwa um das Jahr 5000 v. Chr. begonnen haben, sie kann aber nicht später als 3000 v. Chr. erfolgt sein. Die Existenzdauer der tasmanischen Ureinwohner in ihrem letzten Wohnsitze kann also auf 5000 bis höchstens 7000 Jahre veranschlagt werden.

Nach Ansicht mancher Theoretiker erfordern nun die gewaltigen Muschelhaufen, welche die Tasmanier aus den Resten ihrer Mahlzeiten angehäuft haben, zu ihrer Entstehung eine weit längere Zeit. Prof. Noetling weist diese Ansicht auf Grund genauer Berechnungen unter der gewiß mäßigen Annahme, daß Tasmanien im Jahre 1803 nicht mehr als 2000 Seelen beherbergte und jede von ihnen täglich nicht mehr als 50 Schaltiere verzehrte, zurück.

Sollten aber, so schreibt er, die obigen Schätzungen nicht angenommen werden, so stehe doch die eine Tatsache unumstößlich fest, daß die Besiedelung Tasmaniens durch Menschen in, geologisch gesprochen, nur sehr geringer Zeit, frühestens nach dem Erlöschen der jungvulkanischen Periode erfolgt sei, eine Ansicht, die von Gregory, Etheridge und Howith geteilt werde. Der Dingo kann in Australien erst nach der Periode der 25-Fadenlinie, also vor etwa 5000 Jahren, eingewandert sein.

In einer sehr instruktiven Tabelle faßt Prof. Noetling die Stufen der jüngsten geologischen Entwicklung Australiens und Tasmaniens zusammen (s. Anhang 5).

Wie gewisse Völker selbst, so will auch das Rätsel, das sie Anthropologen und Ethnologen aufgeben, trotz vielfältiger Lösungsversuche und unablässiger scharfsinnigster Arbeit nicht zur Ruhe kommen. Zu diesen Rätselvölkern gehören u. a. die Juden und die Zigeuner.

In einer Arbeit „Zur Rassenpsychologie und Geschichte der Zigeuner" weist Friedrich Thieme*) nach, daß die braungelben schwarzhaarigen Eindringlinge zuerst im fünften Jahrhundert unserer Zeitrechnung in Persien auftraten, wo der König Bahram Gur (420 n. Chr.) ihrer 10 000 von einem indischen Herrscher erbeten haben soll, damit sie, die sogenannte Luris, seinem armen Volke durch ihr Lautenspiel Vergnügen bereiteten. Offenbar handelt es sich bei dieser anscheinend durchaus historisch begründeten Nachricht nicht um eine allmähliche Auswanderung, sondern, wie die runde Zahl 10 000 beweist, um einen regelrechten Auszug, wie beim Exodus der Kinder Israel aus Ägypten. Die unverkennbare geschichtliche Veranlassung zu diesem Auszuge sieht Thieme in der großen Völkerwanderung, mit der das erste Auftreten der Zigeuner sicherlich nicht zufällig zusammenfällt. Von den Hunnen erschien der nach Europa vorstoßende Teil schon 370 am Kaspischen Meer und an der Wolga, eine zweite Horde, die sogenannten weißen Hunnen, ergossen sich vom Aralsee, ihrem neugewonnenen Wohnsitz, südwärts und unternahmen wiederholt Einfälle in Nordwestindien, also den Teil des ungeheuren indischen Reiches, wo die Heimat der

*) Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. XXXI Beilage-Bd. Heft 2, (1911).

*) Politisch-Anthropol. Revue, X. Jahrg. (1911) Nr. 8.

Zigeuner zu suchen ist. Die Beunruhigung der Urheimat der Zigeuner entweder durch die Hunnen selbst oder durch von ihnen vertriebenen Völkerschaften muß, wie Thieme noch näher nachweist, die unbekannte Veranlassung zum Massenauszuge der braunen Menschen gebildet haben.

Die so nahe liegende Frage, weshalb nun diese Fremdlinge bis auf den heutigen Tag überall nur vagabundierende Nomaden blieben, nirgends feste Wohnsitze und Anteil am Kulturbesitz ihrer Wirtsvölker gewannen, beantwortet sich aus dem festgefügten Charakter der Zigeuner, den umzugestalten größerer Geduld und Nachsicht bedurft hätte, als auf Seite der jedesmaligen Erzieher vorhanden war. Alle Bemühungen dieser Art in Österreich, Rußland, England, Preußen scheiterten an ihrer Unzugänglichkeit für geistige und moralische Begriffe und ihrer Verachtung einer Lebensweise, deren Vorteile durch anhaltende Arbeit und die Erfüllung staatsbürgerlicher Pflichten erworben werden müssen. Der Zigeuner schätzt seine Ungebundenheit höher als Bequemlichkeiten, die ihm mit so aufreibenden Anstrengungen und den mancherlei Einschränkungen durch Gesetze viel zu teuer erkauft schienen. Seine Lebensauffassung deckt sich in dieser Hinsicht mit derjenigen der niederen Südamerikaner, die lieber Mangel leiden als arbeiten, ohne daß allerdings die Scheu des Zigeuners vor körperlicher Bemühung durch die sengende und lähmende Sonne eines tropischen Klimas entschuldigt würde. Aber könnte diese Abneigung nicht in der Urheimat durch ein solches Klima erzeugt und unausrottbar eingewurzelt sein?

Das Rätsel, welches die Psyche des Zigeuners uns aufgibt, versucht Thieme zu lösen. Die entscheidenden Merkmale des Zigeunercharakters sind:

Gleichgültigkeit gegen alle religiösen Vorstellungen,

Gleichgültigkeit gegen alle Annehmlichkeiten des Lebens,

Gleichgültigkeit gegen geistige und sinnliche Erhebung bei schärfster Ausbildung des Verstandes.

Das sind nicht Charaktermerkmale eines entarteten Kulturvolkes noch eines Menschen von geistiger Minderwertigkeit; des Zigeuners Wesen ist nicht das eines Gesunkenen, sondern das eines nie Gehobenen. Wir haben es in ihm vielmehr mit einem Urmenschen zu tun, keinem reinen zwar und völlig unserem Bilde von einem Urmenschen entsprechenden, aber doch dem Überbleibsel eines Urmenschen, wie er sich erhalten hat in einem mehrtausendjährigen Daseinskampfe in Heimat und Fremde.

Wir unterscheiden unseßhafte Völker, halb und ganz seßhafte. Zweifellos haben wir so die Vertreter verschiedener Entwicklungsphasen vor uns, und diejenigen unter ihnen, die noch umherziehend ihren Unterhalt direkt aus der Hand der Natur empfangen, die Vertreter der aneignenden Wirtschaftsform, sind die eigentlichen Urmenschen, und zu ihnen zählen wir die Zigeuner, deren Wesen durch diese Erklärung bereits in mancher Hinsicht verständlicher geworden sein dürfte. Auch die unausrottbare Neigung zum Diebstahl entspringt der aneignenden Wirtschaftsform, sie ist ein Attribut des niedrigsten Entwicklungszustandes der Menschheit, und die Zigeuner sind daher nicht im stande, sie als Verbrechen aufzufassen. Es geht ihnen wie z. B. den Buschmännern Südafrikas: Gewohnt, alles zu jagen und zu sammeln, was ihnen Genießbares in den Wurf kommt, halten sie auch Haustiere und Feldfrüchte für gute Beute. Nichts hat, wie Dr. H. Schurtz in seiner Urgeschichte der Kultur bemerkt, so sehr zur Ausrottung der Buschmänner in einem großen Teile Südafrikas beigetragen, wie ihre untilgbare Gewohnheit, das Vieh der weißen Ansiedler als Jagdwild zu betrachten.

Reine Urmenschen in dem Sinne, welche unsere Vorstellung mehr oder minder unklar mit dem Begriffe verbindet, waren die Zigeuner nicht mehr, als sie aus ihrer Urheimat hervorbrachen. Sie waren bereits mit höheren Völkern in Berührung gekommen, z. B. mit den Ariern, die nach 2000 vor Chr. in Indien einwanderten und dort die Ureinwohner unterwarfen, Stämme von tiefdunkler Hautfarbe mit dicken, langen, schwarzen Haaren, breiter, stumpfer Nase und kleinen eng geschlitzten Augen. Als sie in Persien erschienen, waren sie innerlich und äußerlich fertig, nicht mehr in ihrer Urgestalt, sondern als ein Mischvolk, dem wohl mit der Zeit arisches Blut beigemengt wurde.

Das eine steht wohl nach allem hier Gesagten fest: die Zigeuner sind keine entarteten Kulturmenschen, sondern entartete Urmenschen, gleich zahlreichen Naturvölkern, die wir gegenwärtig im Zustande traurigster Degeneration, ja vielleicht eines langsamen Todeskampfes erblicken. Das beklagenswerte Schicksal dieser Unglücklichen werden die Zigeuner wohl nicht in vollem Umfange teilen, sie werden nicht als Individuen, sondern nur als Rasse untergehen, da ein großer Teil von ihnen immerhin in Ländern, wo der Kulturabstand nicht allzu schroff ist und sie ihnen mehr zusagende Verhältnisse finden (Rumänien, Ungarn, Südspanien), Anschluß an die Kultur suchen wird, wenn auch vielleicht lange Zeit hindurch in der Rolle eines untergeordneten und nicht allzu gern geschehenen und wenig geachteten Mitläufers.

Ein guter Beobachter der Zigeuner, Graffunder, schrieb 1835 von ihnen: Die graue Entfernung von ihrer Wiege, ihre Zerstreuung in Haufen, ihre hundertjährigen Wanderungen, soweit ihr Fuß Erde unter sich fand, machen sie zu einem Volk, dem nichts und alles zugehört, und dessen flüchtiger Geist notwendig zerronnen sein müßte, wenn nicht ein innerster Kern immer wieder an sich zöge, was er von sich entläßt. Die unvermischte Einheit ihrer Leiber, die unveraltete Lust am Jammer ihres irren verfolgten Lebens, das seine Freuden in Nacht und Heimlichkeit verbirgt und keinen Schutz kennt als in List, Bosheit, tückischer Rache, Flucht und freiwilliger, gewohnter und gesuchter Ausschließung von jeder Gattung menschlicher Zucht und Sitte: das können doch nur äußere Zeichen einer inwendigen Gewalt sein, welche keinem Eindruck weicht und den Boden, der sie trägt, den Himmel, der sie deckt, immer mit derselben Unheiligkeit durchtränkt und den Wandel aller Zeiten

bis jetzt überbietet. Diesen innersten Kern erkennt Graffunder einerseits in der Sprache, welche die Zigeuner mit sich gebracht haben und die das geistig Feste in ihnen ist, anderseits in dem Stammesgefühl, das ihnen Vaterland und Heimat ersetzt. Die eine, ausschließliche Liebe, die sie kennen, ist die Liebe zu ihrem Stamme, das Leben des Stammes ist ihr Leben.

Aus der Urzeit.

Schon wieder ist ein Überrest aus den ältesten Zeiten des Menschengeschlechtes ans Tageslicht befördert worden. Leider haben es die französischen Gelehrten nicht sehr eilig mit der wissenschaftlichen Bearbeitung dieser kostbaren Überreste; ebenso wartet man auch noch auf nähere Nachrichten über den vorhergehenden Fund von La Ferrassie, bei dem eine Eingipsung der Knochen mit der umgebenden Erde vorgenommen wurde, um später die einzelnen Stücke herauszupräparieren. Ob dieses Experiment gelungen oder mißlungen ist, wurde bisher nicht bekannt; die erste Mitteilung und die beigefügte Abbildung ließen mehr ahnen als erkennen, daß ein der Kulturschicht entsprechender Neandertalfund vorliege.

So kann denn auch Prof. Klaatsch, dem wir die Nachrichten über den neuesten Fund aus der Charente verdanken, diesen Rest nur mit großer Wahrscheinlichkeit als dem Neandertaltypus angehörig bezeichnen*). Das von Henri Martin, einem erfolgreichen Erforscher des Mousterien, entdeckte Skelett gehört den unteren Mousterienablagerungen an (s. Anhang 1), ein Umstand, der die Bedeutung dieser Entdeckung wesentlich erhöht. Die aus Sand und Kies bestehende Ablagerung entspricht einem alten Flußlauf, der durch Abrutschungen vom Gehänge aus zugedeckt wurde. Die Fundstelle befindet sich 4·50 Meter unter dem jetzigen Flußufer. Lagerung und Haltung des Skeletts scheinen darauf hinzudeuten, daß es sich um einen Leichnam handelt, der entweder vom Ufer in den Fluß gestürzt ist oder vom Wasser herabgeschwemmt wurde und an dieser Stelle liegen blieb. Von menschlichen Werkzeugen zeigten sich nur wenige Schaber und Spitzen; einige Knochenbruchstücke von Wiederkäuern und Pferden ließen Spuren des Gebrauches erkennen.

Die Fundschicht ist nach allen Feststellungen vollkommen ungestört, es haben keine Verschiebungen oder Verlagerungen stattgefunden. Dies berechtigt dazu, dem Skelett ein ziemlich hohes geologisches Alter zuzuschreiben. Es ist älter als alle übrigen bisher bekannten menschlichen Skelettfunde, ausgenommen den Heidelberger Unterkiefer.

Der anscheinend leidlich gute Erhaltungszustand gestattete, die Diagnose „Neandertaltypus" zu stellen; die Stirnwülste sind recht stark ausgeprägt. Das Gebiß scheint sehr kräftig entwickelt gewesen zu sein, doch ist es offenbar auch bei diesem Fundobjekt wieder typisch menschlich gestaltet. Wenn auch die Eckzähne eine recht starke Entwicklung der Wurzeln zeigen, so nähern sie sich dem Gorillazustand doch nicht mehr als bei den übrigen bekannten Neandertalfunden. Durch Abkauung bis etwa auf die Hälfte der natürlichen Höhe der Kronen ist die Kaufläche der Zähne in ein einheitliches Niveau gebracht, obwohl das Individuum keineswegs greisenhaft war.

Eine auf Grund des wissenschaftlichen Materials geschaffene plastische Darstellung eines Menschen der Neandertalrasse findet der Leser als Titelbild am Anfang dieses Jahrbuches. Der Künstler, Herr Ernst Gustav Jaeger in Berlin, der seine künstlerischen Ideen nicht nur gern mit naturwissenschaftlichen vereinigt, sondern sich vor allem immer gern dem Studium des vorzeitlichen Menschen gewidmet hat, hat dem Jahrbuch in liebenswürdigster Weise die Originalplatte seiner Aufnahme zur Verfügung gestellt, wofür ihm auch an dieser Stelle gedankt sei. Das Material, in erster Linie die Knochenteile des sogen. Homo Mousteriensis, wurde ihm vom Königlichen Museum für Völkerkunde zu Berlin zur Verfügung gestellt, so daß wir in dieser Darstellung gegenwärtig das zuverlässigste Abbild des alten „Neandertalers" sehen dürfen.

Eine Ausdehnung der Neandertalrasse bis zu den Kanalinseln beweist der kürzlich in einer Höhle an der Südküste von Jersey gemachte Fund von Zähnen des paläontolischen Menschen, über den A. Keith*) berichtet. Dort fand man inmitten von Säugetierknochen, u. a. des wollhaarigen Nashorns, des Renntiers, zweier Pferdearten, und unter zahlreichen bearbeiteten Flintgeräten neun Menschenzähne, nach denen sich das ganze Gebiß veranschaulichen läßt, da alle Arten Zähne erhalten sind. Das Gebiß muß auffallend dem des Neandertalers, ja sogar des Heidelbergmenschen geglichen haben, so daß man diesen Menschen von Jersey für einen der primitivsten, wenn nicht den allerprimitivsten der Neandertalrasse ansehen kann.

Gegen die Annahme, daß der Aurignacmensch auch in der Gegend von Krapina gelebt habe und Reste von ihm unter den dortigen Funden vertreten seien (s. Jahrb. IX., S. 226), wendet sich Prof. K. Gorjanowic-Kramberger, der erste Kenner der Krapinalfunde**). Nach ihm haben in Krapina wohl mehrere Rassen gelebt, aber nur solche, die der sogenannten Neandertalrasse entsprechen, von der mehrere Varietäten zu unterscheiden sind. Der Aurignactypus sei unter den zu Krapina gefundenen Unterkiefern nicht vertreten, es liege deshalb auch kein Grund vor, gewisse Gliedmaßenknochen schlankeren Formats einer ganz anderen Rasse zuzuschreiben.

Bei der großen Wichtigkeit, die der berühmte, als Homo Heidelbergensis von Prof. Dr. O. Schoetensack beschriebene Unterkiefer aus den Mauerer Sanden (s. Jahrb. VIII, S. 208) für das geologische Alter und die Abstammung des Menschengeschlechtes besitzt, erscheint es angebracht, noch einmal auf eine diese Punkte betrachtende Abhandlung von Dr. Emil Werth***) zurückzukom-

*) Die Umschau, 1911, Nr. 51.

*) Nature, Bd. 86, (1911), S. 414.

**) Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt 1910, S. 312.

***) Globus, Bd. 96, Nr. 15.

men, die im letzten Jahrbuch wegen Raummangels nicht ausreichend gewürdigt werden konnte.

Der Fund ist teils in das älteste Diluvium, teils sogar in die Übergangszeit zwischen Tertiär und Diluvium und vor die große Eiszeit verlegt worden, und in letzterem Sinne als spätpliozän oder frühpleistozän bezeichnet worden. Dr. Werth mißt ihm ein geringeres Alter bei. Die Fauna der Schicht, in der der Kiefer gefunden wurde, wird zwar in der üblichen Weise als altdiluvial bezeichnet, doch ist deshalb nach Werth nicht daran zu denken, sie in das zeitlich allerälteste Quartär zu verlegen. Die meisten dieser Säugetiere gestatten wegen ihres Auftretens in älteren wie jüngeren geologischen Horizonten keine genauere Altersbestimmung der Fundschicht, mit Ausschluß von Rhinoceros etruscus Falc., der in keiner sicher jungdiluvialen Ablagerung, einschließlich des letzten Interglazials, aufgefunden worden ist.

Dagegen ist diese Nashornart wie für die Mauerer Sande auch maßgebend für die Kiese von Süßenborn und die Forestbeds von Norfolk in England, zwei eingehend untersuchte Fundstätten, die, weil in Gebieten diluvialer Vereisung gelegen, sich leichter in die eiszeitliche Chronologie einfügen lassen. Beide müssen in die vorletzte Zwischeneiszeit, d. h. die zweite oder, nach der Penckschen Einteilung (s. Anhang 1), die Mindel-Riß-Interglazialzeit, verlegt werden.

Ein zweites Fossil, der Elephas trogontherii Pohl., wird ebenfalls nicht in sicher jungdiluvialer Lagerstätte gefunden und ist ein charakteristisches Leitfossil des Norfolkiums, der ebengenannten englischen Schicht. Diese Elefantenart ist zwar nicht in den Mauerer Sanden, wohl aber in der sogenannten Hochterasse des Niederrheins aufgefunden, die ebenso wie die Mauerer Sande von älterem Löß überlagert ist, so daß hiedurch die indirekt aus der Fossilführung zu vermutende Gleichaltrigkeit beider Ablagerungen noch wahrscheinlicher wird. Ist nun der jüngere Löß würmeiszeitlich, wie heute ziemlich allgemein angenommen wird, so wird man kaum fehlgehen, wenn man den älteren der Riß-Eiszeit zuschreibt. Danach müßte also eine vom älteren oder von beiden Lößen überlagerte Ablagerung wie die Sande von Mauer älter als die vorletzte Eiszeit sein, müßte also in die vorletzte (Mindel-Riß-)Interglazialzeit, allenfalls in die drittletzte (Mindel-)Eiszeit verlegt werden. Im Falle von Mauer spricht der Charakter der Fauna gegen die Zuweisung dieser Ablagerung zu einer Eiszeit. Also gelangt Dr. Werth auch auf diesem Wege zu der Auffassung, daß die Sande mit Homo Heidelbergensis mindel-riß-interglazialen Alters seien, eine Ansicht, die er durch Heranziehung anderer Fundorte zu bestätigen sucht.

Demnach lebte also der Heidelbergmensch aller Wahrscheinlichkeit nach genau in der Mitte des Eiszeitalters; das Ende der Tertiärzeit lag für ihn und seine Zeitgenossen ebenso weit zurück, wie für uns seine Zeit mit der altpaläolithischen Chelléenkultur. Er stellt also nach Werth nicht den Vertreter des altdiluvialen eolithischen Zeitalters, noch weniger den Typus des tertiären Menschen dar.

In dem Mißverhältnis zwischen dem mächtigen Kiefer und dem vollkommen menschlichen Gebiß sieht Dr. Werth ein Anzeichen dafür, daß es sich um eine abgeleitete Form, um ein Übergangsglied zwischen menschlichem und anthropoidem Typus handle, nicht um eine dem Ausgangszustande der Anthropoiden und Menschen nahestehende Form. Der Kiefer ist präneanderthaloid, wie es von einem Menschen des vorletzten Interglazials zu erwarten ist. Es dürfte wohl nichts der Auffassung im Wege stehen, daß, sobald der Urmensch die Benutzung des Feuers gelernt hatte und sich nun seine Nahrung schmackhafter und mürber zubereiten konnte, sein Gebiß ganz allmählich eine gemäßigtere Form annahm. Ebenso dürfte die Herstellung steinerner Werkzeuge und Waffen eine nicht unwesentliche Arbeitsverringerung für die Zähne bedeutet haben, die nicht ohne Einfluß auf die Ausbildung des Gebisses bleiben konnte. Und tatsächlich bedeutete eine solche Verringerung der Leistungsfähigkeit des Gebisses für den Menschen selbst keinen Rückschritt mehr. Denn schließlich konnte auch der gewaltige Eckzahn des Gorilla keine bessere Waffe mehr abgeben als ein Chelléen-Steinkeil in der Faust des Homo Heidelbergensis.

Eine interessante Übersicht über die Lebensführung der altsteinzeitlichen Menschen gibt ein Vortrag von Prof. Merkel in Göttingen *) Es kann als selbstverständlich angesehen werden, daß die an der Schwelle der Menschheit stehenden Wesen ganz ebenso wie die Affen aufgelesene Steine als primitivste Werkzeuge benutzten. Als die nächst höhere Stufe ist anzusehen, daß die Steine in zweckmäßiger Weise zurechtgeklopft wurden, in welcher Form wir sie als Eolithen bezeichnen. Daß es solche primitivsten Werkzeuge gegeben haben muß, ist eine unabweisbare logische Forderung; der Streit, ob ein gegebenes Stück Artefakt sei oder nicht, ist dabei von verhältnismäßig untergeordneter Bedeutung, da es immer Objekte geben wird, bei denen es schwierig oder unmöglich ist, festzustellen, ob sie in planmäßiger Arbeit hergestellt oder nur als willkommene Fundstücke benutzt wurden. Kleider und Wohnung können anfänglich nicht vorhanden gewesen sein, während die Nahrung der omnivoren (allesessenden) Menschen verhältnismäßig leicht zu beschaffen war. In späterer Zeit, als erst die Benutzung des Feuers bekannt war, als Faustkeile und Schaber angefertigt wurden, beobachtet man auch die ersten Spuren primitiver Wohnungen. Es werden überhängende Felsen bevorzugt, die vermutlich durch Wandschirme aus Zweigen oder Rinde, wie sie die heutigen Australier noch anfertigen, auch seitlich einigermaßen geschützt waren. Tiefe Höhlen mit enger Mündung wurden nach Ausweis der Funde weniger gerne aufgesucht, was sich aus der Schwierigkeit der Beleuchtung und der Belästigung durch den langsam abziehenden Rauch leicht erklärt. In solche Höhlen verkrochen sich die großen Säugetiere der damaligen Zeit, um zu verenden, wenn sie durch Alter, Krankheit oder Wunden geschwächt waren. Die Beschaffung der Nahrung des altsteinzeitlichen

*) Korresp.-Blatt der D. Gesellschaft für Anthrop. usw. Bd. 42, (1911), Nr. 7.

Menschen bestand nach wie vor im Aufsuchen der Früchte in Feld und Wald und besonders in der Jagd. Nicht daß Mammut, Höhlenlöwe, Höhlenbär oder ähnliche Tiere gejagt wurden, dazu reichten die vorhandenen Mittel bei weitem nicht aus; es sind wahrscheinlich nur kleinere und ungefährliche Tiere gewesen, denen man nachstellte. Die großen wurden nur verspeist, wenn man sie tot oder sterbend fand. Die Nahrungsabfälle blieben an Ort und Stelle liegen, was auf die Reinlichkeit der Menschen jener Zeit ein ungünstiges Licht wirft. Der Geruch ihrer primitiven Zufluchtsstätten muß gelegentlich furchtbar gewesen sein.

Daß die Gesundheitsverhältnisse nicht die besten waren, beweisen Skelettfunde. Wunden waren an der Tagesordnung: so sind geheilte Knochenbrüche der Gliedmaßen und schwere Verletzungen des Schädels nachweisbar; am Unterkiefer, an Halswirbeln, an der Kniescheibe wurden gichtische Veränderungen gefunden; Querfurchen des Zahlschmelzes zeigen, daß auch das Kindesalter Ernährungsstörungen ausgesetzt war. Allmählich wurde mit der Vervollkommnung der Waffen die Beschaffung der Nahrung immer leichter, allmählich wagte man sich auch an die Erlegung größerer Tiere. Die Verwendung des Holzes, des Knochens, der Geweihe zu Werkzeugen nahm einen immer größeren Platz ein, und aus gewissen Funden läßt sich auch die Benutzung von Tierfellen als Kleidung erschließen.

Wenn der Forscher in dieser Weise in die Vergangenheit zurückblickt, muß er mangels genügend bekannter Tatsachen vielfach die Phantasie walten lassen. Er wird nolens volens, dieser mehr, jener minder, zum Dichter, und das mag ein Grund sein, weshalb auch Dichter der neueren Zeit sich nicht selten in der Darstellung urzeitlicher Vorgänge, besonders soweit die primitiven psychischen Regungen dabei in Betracht kommen, versucht haben. Einer dieser Dichter, der Däne Johannes V. Jensen, schildert unter der Überschrift: „Als die Menschen Kinder waren" — den Vorgang der Feuerzähmung und Feuergewinnung, ein Vorgang, der des Menschen Denken seit mythisch-heroischen Zeitaltern beschäftigt hat*). Er sagt u. a.:

Es muß einst einen Menschen gegeben haben, ein bestimmtes Individuum, der bei einer gegebenen Gelegenheit vom Feuer zu nehmen wagte, sich dem brennenden Wald oder der Lava auf einem feuerspeienden Berg näherte, vom Feuer nahm, es auf eigene Faust pflegte, in Grenzen hielt, aber nicht hinsterben ließ; und er hielt sich und die Seinen in den kalten Tagen am Leben, während andere Menschen, die sich dem verzehrenden Feuergeist nicht zu nähern wagten, entweder zu Grunde gingen oder von ihm, der mit dem Mut der Verzweiflung vorangegangen war, sich des Feuers bemächtigt und es gezähmt hatte, abhängig wurden.

Der Feuerbezähmer, wer es auch gewesen sein mag, hat den Grund zu dem ersten Klassenunterschied zwischen den Menschen gelegt, zwischen dem einen und den vielen, der Tyrannei der großen Führer und Menschenerlöser und der Sklaverei und niederträchtigen Undankbarkeit des Volkes. Noch heutigentags geht der Lichtbringer um, wenn auch im bildlichen, geistigen Sinne.

Niemand aber kann sich mehr eine genügende, richtige Vorstellung von dem buchstäblichen Fortschritt machen, den die Aneignung des Feuers für die Menschheit bedeutete. Nicht nur, daß es Wärme zum Schutz gegen die Jahreszeiten gab, es bedeutete auch Licht, durch das man sich zum Herrn der Nacht und ihres grauenvollen Gefolges von wilden Tieren und Geistern machte. Sonst hatten die Menschen auf den Bäumen schlafen müssen, unbeschützt jedenfalls gegen einen Feind, den Erbfeind, die Schlange, jetzt konnten sie auf der Erde übernachten, am Feuer, dem kein lebendes Tier sich zu nähern wagte. Oho, man saß wie mitten in einem selbstgeschaffenen kleinen Tag und sah die Tiere angewankt kommen und sich in gehöriger Entfernung von der Macht des Feuers halten, gebunden wie von einem Zauberring, hungrig und das Maul voller Zähne, während der kleine Mensch in behaglichem Einverständnis mit dem Feuer dasaß und sich wärmte und vielleicht an dem Knochen eben solchen törichten Raubtieres nagte, das draußen herumschlich und angestrengt ins Feuer blinzelte. Ja, denn der Mensch nahm in der Gesellschaft des Feuers bald neue Gewohnheiten an.

Nicht nur, daß das Feuer einem Geschlecht, das sich daran gewöhnen mußte, unter Breitengraden zu leben, wo das tropische Klima langsam entwich, Wärme und neue Lebensmöglichkeit gab, es wurde auch die Veranlassung zu einer ganz neuen Lebensweise, die im übrigen noch heutigentags das Dasein des Menschen prägt, sowohl unsere Diät wie unsere Lebensanschauung: das Feuer lehrte die Menschen Fleisch zu essen.

Eine einfache, menschliche Betrachtung lehrt uns folgendes: Während der Mensch noch im Wald lebte, bestand seine Nahrung hauptsächlich aus Früchten und Beeren; rohes Fleisch in begrenztem Umfang hatte man wohl schon genossen, Vogeljunge, Mäuse und kleinere Tiere, auch Larven und dergleichen, man tötete aber keine Tiere mit der Absicht, das Fleisch zu essen, es war erst das Feuer, das hier den Weg zu neuer Speise und neuem Appetit wies. Es war der Aufmerksamkeit der Menschen nicht entgangen, daß das Feuer, wenn es den Wald verzehrte, auch die Tiere mitfraß, und wenn sie seinen Geschmack mit Bezug auf die Bäume auch nicht teilen konnten, so war es mit den gebratenen, halbverkohlten Tieren eine ganz andere Sache. Sie rochen gut.

Zu Anfang wagte natürlich niemand die Speise des Entsetzlichen zu berühren, selbst wenn die Reste zu keinem Nutzen dalagen. Aber je mehr man hinter die gierige Vorliebe des Feuergottes für Fleischspeisen kam, desto mehr konnte man sich einer gewissen Teilnahme nicht enthalten, man ist doch schließlich nur ein Mensch und darf wohl mal kosten . . . Ah, das Fleisch, von dem das Feuer gefressen hatte, schmeckte süß, es war ganz mürbe und köstlich geworden, nachdem das Feuer es im Mund gehabt hatte, herrlich! Bald sah man ein, daß es gar nicht strafbar war, die Reste von der Mahlzeit des großen Geistes zu essen, wenn er sich

*) Berl. Tageblatt 1912, Nr. 11; verdeutscht von Julia Koppel.

selbst zurückgezogen hatte, man durfte es anscheinend gern. Waldbrände gaben den Menschen die erste Veranlassung zu Fleischschmäusen.

Nachdem man angefangen hatte, das Feuer im kleinen zu zähmen, um sich daran zu wärmen, kam der nächste Schritt, ganz nach und nach, und ursprünglich in Form der Uranbetung, des Opfers. Wenn ein Gewitter oder Waldbrand oder Vulkanausbruch drohte, gleich schaffte man ein hübsches Tier zur Stelle, einen Widder oder ein Stück des wilden Viehs und gab es schleunigst dem Feuer, um es zu besänftigen, denn jetzt wußte man ja, wonach es verlangte. Begehrte es besonders heftig auf, mußte man ein übriges tun und es mit einem aus dem Stamm bewirten, der sein Leben hingab, um all die anderen zu retten. In der Regel aber begnügte man sich mit einem Tier.

Wenn der Feuergott vom Opfer verzehrt hatte, was ihm behagte, nun ja, dann machte man sich selbst über die gebräunten, herrlich duftenden Reste des Bratens her, und auf diese Weise bekamen die Menschen Geschmack am Fleische.

Nach und nach arrangierte man sich auf praktische Art mit dem Feuer, indem dasselbe mit gutem Appetit die Haut, Knochen und Eingeweide des Tieres zu fressen schien, und wenn es daran Geschmack fand (wohl bekomm's!), dann blieb den Menschlein das schiere Fleisch, die Bugstücke und alles übrige.

Diese Übereinkunft mit dem Feuer wurde noch bis lange in die historische Zeit innegehalten und kommt sogar so nahe an unsere eigene Zeit heran, daß es nicht geraten ist, den Ideenverbindungen, die sich daran knüpfen, näher nachzuforschen. Sonst könnte man leicht in die Versuchung kommen, zum Beispiel zu verfolgen, welche wirklichen und abstrakten Veränderungen der Begriff Opfer erfahren hat, seit unsere Vorfahren ihn als Mittel, dem Feuer den Mund zu stopfen, erfanden, bis herab zu unserer eigenen Zeit. Auch würde es lohnend sein, die Einzelheiten in den fernen, mystischen und modernen Verwandlungen zu verfolgen, die das Feuer durchgemacht hat, seit es als rohe Naturmacht begann, bis es im Ofen endigte, wo ich es still zwischen den Kohlen schreiten höre, mit einem Laut, als ob ein Tiger sich hinter den Eisenstangen im Zoologischen Garten die Pfoten leckt; es würde sich wohl ein ähnliches Resultat wie beim größten Teil der menschlichen Geschichte ergeben, und trotz des blendenden Themas würden, die Lichtpunkte im moralischen Sinne nicht sehr zahlreich sein.

Aber man darf nun einmal bei kindlichen Dingen keine erwachsenen Betrachtungen anstellen.

Der älteste Mensch und sein Werkzeug.

Als älteste Zeugnisse für die Existenz des Menschen auf Erden gelten bekanntlich die Eolithen, ganz roh oder gar nicht bearbeitete Feuersteine aus vordiluvialen oder frühdiluvialen Ablagerungen, deren Gestalt die Vermutung nahelegt, daß sie schon als Werkzeuge in der Hand menschlicher Wesen, von denen wir sonst keine Spur mehr kennen, gedient haben könnten. Daß in der Beurteilung solcher Eolithen Irrtümer vorkommen können, daß reine Naturgebilde als mehr oder minder bearbeitet angesehen werden, ist leicht erklärlich und wird auch von Forschern anerkannt, welche die Eolithen für zweifellose Zeugnisse vorneandertaler Menschenwesen gelten lassen.

Über die Fehlerquellen in der Beurteilung der Eolithen hat der Ethnologe Paul Sarasin, unseren Lesern durch seine Reisen in Süd- und Südostasien bekannt, eine Abhandlung veröffentlicht, welche weitere Klarheit in dieses noch recht umstrittene Forschungsgebiet bringen könnte*). In Nizza findet man zwischen der Mündung des Paillon und dem Palais de la Jetée in der Brandungszone Flaschenscherben, die von den Wellen samt den gerundeten Rollkieseln hin und her geworfen werden. Durch Zufall hierauf aufmerksam geworden, fand Dr. Sarasin bei näheren Nachforschungen Glasstückchen mit jenen seltsamen, abbißartigen Einkerbungen am Rande, wie sie allgemein als Hauptmerkmal der Eolithen gelten. Eine große Anzahl der Scherben, die in den Kreislauf des Strandkieses geraten und mit diesem zum Spiel der Wellen geworden war, zeigte die Abbisse in der Form wie bei einer von einem Kinde angebissenen Schokoladetafel. Sind zwei solche Bisse nahe beieinander vorhanden, so entsteht zwischen ihnen eine Art von Dorn, der, an eolithischen Feuersteinen vorkommend, zur Bezeichnung derselben als Bohrer geführt hat. Wird der Zwischendorn breiter, so entstehen andere bekannte Formen.

Genaue Betrachtung der Ränder dieser Glasscherben zeigt, daß sie durch außerordentlich viele kleine Anschläge mit muscheligem Bruch zugerichtet sind, weshalb sie für die Hand nicht schneidend, sondern stumpfig anzugreifen sind. Die Form der erwähnten Randabbisse an diesen Glasscherben ist also identisch mit solchen, wie sie als Hauptcharakteristiken jener Eolithen bekannt geworden sind, die man als Hohlschaber aufgefaßt und bezeichnet hat. Sarasin gibt diesen Gläsern und eolithischen Feuersteinen mit Randabbissen den Namen „Bißsteine" oder „Daktolithen". Die Glasdaktolithen werden in heftiger Brandung zurechtgeschliffen, und man kann sie in allen Stadien der Entwicklung von der ursprünglich scharfen Scherbe bis zu ihrer durch Rollung zugerundeten Endgestalt auffinden. Wenn solch ein rollender Glaseolith bei Sturm und Hochflut durch eine besonders starke Welle weit strandaufwärts geschleudert und dann mit schützendem Sand oder Geröll bedeckt wird, so bleibt er in diesem Zustande für immer erhalten; entrinnt er den Armen der Brandung aber nicht, so schleift er sich allseitig immer mehr ab, bis er zuletzt selbst zum völlig abgerundeten, förnig trüben Glasrollstein wird.

Die Glasdaktolithen also sind eine Naturerscheinung und stellen zugleich ein Entwicklungsstadium flintartiger Steinscherben dar, welche in der Mühle der Brandung geraten sind; was an Glasscherben vorkommt, muß auch an Feuersteinscherben, die in das Brandungsgetriebe geraten, geschehen, denn der Flint ist dem Glas seiner Konstitution

*) Verhandl. der Naturf. Gesellschaft in Basel. Bd. XXII, (1911).

nach am nächsten verwandt. Die Ähnlichkeit dieser in der Natur überreich vorhandenen Flintdaktolithen mit den Glasdaktolithen Sarasins tritt bei einem Vergleich an den Stücken selbst, die noch alle die feinen Retouchenbrüche der Ränder zeigen, besser hervor als an Photographien.

Auf Grund dieser Beobachtung bei Nizza bestreitet Dr. Sarasin den folgenden Satz von M. Verworn: „Der Faktor, welcher auf anorganischem Wege Eolithen hervorbringt, ist nicht die Rollung im Wasser.“ Dasjenige was Verworn und seine Gesinnungsgenossen als Eolithen und damit als Artefakte bezeichnen, wird vielmehr gerade durch solche Rollung hergestellt.

Die daktothische Form ist indes nicht die einzige, welche von der Brandungswelle aus Glasscherben zurechtmodelliert wird. Es werden auch verschiedene andere Formen hervorgebracht, wie man sie als Feuersteinspitzen aus oligo- und pleistozänen Schichten kennt, die für Eolithen und damit für Produkte von Menschenhand erklärt worden sind. Solche durch Retuschierung oder Nachbesserung modellierte Spitzen und Hohlschaber schafft also die Natur in Menge aus Glas und somit da, wo Feuersteine von Kreidestücken auf den Strand herabfallen, auch aus diesem Material. Sie bildet mit Hilfe der Brandung Naturprodukte oder Isifakte, welche Artefakten so täuschend ähnlich sehen, daß wir sie mit solchen für ident erklären müssen. Dies bedeutet eine beträchtliche Erschwerung unseres Urteils über Feuersteinscherben, die nach Menschenhand verdächtige Merkmale an sich tragen und vielfach übereilt als sichere Beweise menschlicher Existenz in frühen Erdepochen angesprochen worden sind.

Man hat solche Wellenscherben oder Cymoklasten aus Flint mit Retuschen und Einbissen auch schon aus der Brandungszone europäischer Küsten aufgelesen, aber sie bisher stets für eolithische, in die Brandungswelle hineingeratene Artefakte erklärt. Da bei den von Sarasin gefundenen Glasscherben diese Erklärung ausgeschlossen ist, diese aber mit den unter gleichen Umständen gefundenen Feuersteinen, ihren „Retuschen“ nach, übereinstimmen, so sind auch die letzteren als Isifakte (Naturprodukte) anzusprechen. Und sollten selbst wirkliche Eolithen, als Kunstprodukte gedacht, in die Brandung hineingeraten sein, so hätten sie längst dieselbe Zurichtung durch die Wellen erfahren müssen wie die Scherben. Wovon sollen wir also erkennen, daß ein Vorfahr des Menschen sie als Werkzeuge benutzte?

Der Vorgang in der Zementfabrik von Nantes (s. Jahrb. IV., S. 226) hat ja übrigens, trotz allen Bestreitens der Gegner, ebenso klar erwiesen, daß Feuersteinscherben im bewegten Wasser sich gegenseitig zu Eolithen zurechtretuschieren. Ferner müssen die Brandungen großer Landseen und die Hochwasser der Flüsse und Ströme dieselbe Erscheinung an Feuersteinen hervorrufen wie die Brandungswelle des Ozeans. So viel über die Fehlerquelle der Cymoklasten oder Wellenscherben im Eolithenproblem.

Eine weitere Fehlerquelle liegt in folgendem: Im allgemeinen ist die Randpartie unserer Glasdaktolithen steil zur Fläche abgeschnitten; viele zeigen jedoch auch die Abbißstelle der Kante abgeschrägt, also in spitzem Winkel an eine der Flächen stoßend. Eine Erklärung für diese Naturerscheinung fand schon 1905 S. H. Warren; er sah, daß in Schottermassen, die infolge großer Regenfluten in rutschende Bewegung geraten waren, eingeschlossenen Feuersteinscherben dadurch halbmondförmige Randkerben beigebracht wurden, daß ein gerundeter Rollkiesel langsam über den Rand der Scherbe hinweggeschoben wurde.

Eine neue Fehlerquelle in der Deutung der Eolithen als Artefakte haben wir also vor uns im Andruck gerundeter Kiesel gegen den Rand von Flintscherben in sich bewegenden Schottermassen.

Sollten wir gezwungen sein, die Eolithen als Artefakte aufzufassen, so müßte schon im Oligozän der Mensch fertig entwickelt gewesen sein. In Betreff der oligozänen Eolithen haben sich deshalb verschiedene Eolithenfreunde der Warrenschen Erklärungsweise ohne Rückhalt angeschlossen. Bonnet und Steinmann tun dies hinsichtlich der Eolithen von Boncelles, von denen eine gewisse Anzahl durch Schichtendruck, andere ebenso augenscheinlich durch Wellenschlag entstanden.

Auch der Schuh des Menschen, der Huf der Zugtiere, die Räder des Pfluges formen nachgewiesenermaßen Feuersteine und Glasscherben zu unverkennbaren Eolithen um. Hazzeldine Warren, der 1905 zuerst auf diesen Umstand hingewiesen hat, sagt: Man findet in Straßenschottern, welche Feuersteine enthalten, vielfach solche, die völlig die Form von Eolithen haben und Hohlschaber, Schaber, Bohrer und Spitzen darstellen, hervorgerufen durch den Druck der Hufe und Wagenräder, wobei muschelige Splitterchen vom Widerstand leistenden Boden retuschenartig abgesprengt werden. Dasselbe geschieht in öffentlichen Gärten und auf allenthalben begangenen Wegen mit Glasscherben, und diese Fußgebilde oder Podoklasten glichen, wie Sarasin an Abbildungen darstellt, genau eolithenartigen Feuersteinen, wie man sie in Masse auf den Plateaux von Frankreich, Belgien und England findet. Da Rutot sie auf dem Plateau von Spiennes mit neolithischen Steinwerkzeugen vermengt fand, kam er zu der Annahme, es habe hier mitten in der neolithischen Kulturperiode eine Einwanderung von Eolithikern stattgefunden, und nannte diese vermeintliche Kulturepoche „Flénusien.“

Ein weiterer schwerwiegender Grund gegen die Annahme, daß die Eolithen Werkzeuge in Menschenhand gewesen seien, wird von Sarasin, Obermaier und Hornes geltend gemacht: es ist Tatsache, daß innerhalb der ganzen angeblichen Eolitheinindustrie vom oligozänen Fagnien an durch die übrigen tertiären Eolithenstufen hindurch keine Spur von Fortentwicklung stattfindet. Dazu betonte Sarasin schon 1906, daß die paläolithischen (der älteren Steinzeit angehörenden) Chelléenkeile notwendig ihre rohen Vorläufer gehabt haben müssen, die man gewiß noch finden wird, sei es im untersten Pleistozän oder im Pliozän, daß aber die pliopleistozänen Eolithen Rutots oder die miozänen von Puy Courny oder die oligo-

zänen von Thenay diese Vorläufer nicht sind. Im Hinblick auf die Möglichkeit einer natürlichen Entstehung der sedimentären Eolithen ist die Behauptung, daß sie menschliche Artefakte darstellen, nicht bewiesen.

Daß man nun Eolithen nicht nur in oligozänen, sondern auch in eozänen Schichten gefunden hat, wird niemanden in Verwunderung versetzen; man wird Daktolithen und verwandte Isifakte in noch älteren Schichten aufdecken, die Feuersteine einschließen, nur haben sie nichts zu tun mit der Existenz des Menschen.

Der gegenwärtige Eolithenstreit wird, ungleich einem früheren, unter Führung des hochverdienten Gabriel de Mortillet stattgefundenen, nicht fruchtlos verlaufen. Das Auge ist jetzt geschärft für das, was die Natur aus Feuersteinscherben herzustellen vermag; wir haben gelernt, eine Masse von Feuersteinen, die von vielen für Artefakte gehalten waren, aus dem Fach der Anthropologie und dem Glasschrank für Urgeschichte in die der Geologie einzureihen, wodurch der Weg, der zur Erkenntnis des Alters der Gattung Mensch führt, vom verhüllenden Dickicht befreit ist.

Zusammenfassend schließt P. Sarasin mit folgenden Sätzen: Wissenschaftlich einwandfrei ist bis jetzt die Existenz des Menschen, einer Spezies des Genus Homo, nur bis etwa zur Mitte des Pleistozäns nachgewiesen, nämlich bis zur Periode des Chelléen, wogegen auch der Heidelberger Fund, der Unterkiefer von Mauer nicht spricht. Schon diese mittelpleistozäne Spezies zeigt augenscheinlich phylogenetisch tiefere Merkmale als der spätpleistozäne und der holozäne (neuere) Homo sapiens. Das Genus Homo erscheint darum nach den bisherigen Fundergebnissen als eine (paläontologisch gesprochen) junge Bildung. Als Beweismittel für höheres, ja für sehr hohes paläontologisches Alter der Gattung Mensch haben die Eolithen versagt.

Sarasin hält nicht die eolithische Feuersteinscherbe, sondern den aufgelesenen gerundeten Rollstein, ganz gleich welcher Steinart, für das erste Steingerät, denn dieser gab das einfachste Mittel ab, den Arm zum Hammer und zur Keule zu machen. Er wird in der gesamten Urgeschichte, vom Chelléen bis zur neueren Steinzeit, wo er als Klopfhammer diente, mit Zähigkeit beibehalten.

Ganz primitive Faustkeile wurden nach einem Berichte von Dr. R. Pöch auch in Südafrika, wahrscheinlich im Kulturkreise der Buschmänner, benutzt*). Am Vaalfluße liegen sie in großer Anzahl neben Klingen, Kratzern, Schabern usw. auf der ganzen ebenen, teils steinigen, teils hartgebrannten lehmigen Oberfläche. Das Material, aus dem sie bestehen, ist meist Diorit, dasjenige Gestein, aus dem ein dicht dabei liegender kleiner Inselberg besteht. Auf diesem Hügel, dem noch im vergangenen Jahrhundert von Buschmännern besuchten „Boschmanskopje“, liegen große Blöcke mit eingemeißelten Buschmannszeichnungen sowie ebenfalls Steinwerkzeuge, Pfeilspitzen, kleine Bohrer, Schaber, Kratzer, jedoch von ganz anderem Aussehen als die auf der benachbarten Uferterrasse. Mit solchen Werkzeugen haben die Buschmänner noch bis in die Gegenwart hinein hantiert.

Zu diesen Steinwerkzeugen gehören z. B. kleine Pfeilspitzen für die vergifteten Rohrpfeile, Kratzer und Schaber, besonders zur Fellbearbeitung, kleine Bohrer und Steinmesserchen zum Bearbeiten der Straußeneierschalen, Stößel und Reiber zum Zerkleinern der Malerfarben, Pfeilglätter, Beschwersteine für den zur Bearbeitung des harten Bodens dienenden Grabstock; sie sind aus dem verschiedensten Material verfertigt, vom weichen, leicht zu bearbeitenden Speckstein an bis zu dem ganz harten Quarzitgestein, dessen Oberfläche schön und gleichmäßig poliert ist. Ein sicheres Bild alles dessen, was zur Steinwerkzeugindustrie des Buschmanns gehört, geben die alten Buschmannslager in den Sanddünen der Kalahari. Bei der Pfanne Norokoi konnte Dr. Pöch genau bestimmen, daß jeder dort liegende Steinsplitter von Menschenhand und zu bestimmtem Zweck hingebracht worden ist; denn das natürliche Vorkommen von Steinen im Dünensande erscheint ausgeschlossen.

Die alten und ältesten Steinwerkzeuge Südafrikas zeigen an verschiedenen Orten verschiedene Typen, sie stammen wahrscheinlich auch aus verschiedenen Perioden. Primitivere Werkzeuge als bei Kent fand Dr. Pöch weiter stromaufwärts am Vaal bei Vereniging. Auch dort gab es wieder dasselbe Nebeneinander von Buschmannsgravierungen auf den Felsen, Beschwersteinen, anderen Buschmannswerkzeugen und ganz primitiven Faustkeilen usw. Ganz im Süden der Kapkolonie findet man besonders große Steinwerkzeuge aus Tafelbergsandstein. Sie haben die Form von Faustkeilen, sind aber ungewöhnlich groß, bis zu einem halben Meter und darüber; die Spitze ist meist abgebrochen. Pöch erklärt ihr Vorkommen und ihre Verwendung aus besonderen örtlichen Jagdverhältnissen. Die Gegend war früher reich an Elefanten und Flußpferden, und diese Dickhäuter wurden wahrscheinlich in ähnlicher Weise zur Strecke gebracht, wie es O. Lenz von den Mbangwe schildert. Mbangwe hatten Elefanten eingekreist. Auf einen Baum stieg ein Mann, bewaffnet mit einem kleinen, kaum zwei Fuß langen, aber sehr starken Speer, der in einen dicken, vier bis fünf Fuß langen Pfahl eingefügt war. Der auf dem Baum stehende Mbangwe hielt nun diese wichtige Waffe mit der Speerspitze nach unten, die anderen suchten einen Elefanten in die Nähe des Baumes zu treiben, und sobald er nahe genug am Jäger vorüberläuft, stößt ihm dieser den eisernen Speer mit aller Kraft in den Leib, und zwar muß er suchen, die Lendengegend oder den Nacken zu treffen, wo der Speer leichter als anderwärts tief eindringen kann. Dieses sehr schwierige Manöver gelang einem jungen Mbangweburschen recht gut, das so getroffene Tier stürzte zusammen und verendete nach einiger Zeit.

Genaues Studium der heutigen afrikanischen Jagdmethoden kann zum Verständnis jener alten Werkzeuge, die nur Jägervölkern gehört haben können, führen. Pöch hat u. a. erfahren, daß die Kattea das Wild mit kleinen eisernen Handbeilen

*) Korrespondenzbl. der Dtsch. Gesellsch. für Anthropol. usw. 1911, Nr. 8 bis 12. Die Umschau 1912, Nr. 11.

jagen, indem sie diese Waffe gegen die Fußsehnen der Tiere zu schleudern trachten. Diese Art des Jagens mutet so altertümlich an, daß man wohl mit Aussicht auf Erfolg nach einem Steinwerkzeug suchen könnte, das zu dem gleichen Zweck mit der Hand geschleudert wurde.

Uralt, aber bei primitiven Völkern noch bis in die neueste Zeit hinein gebräuchlich ist die Jagdweise mittels Fanggruben. Der Schweizer Urgeschichtsforscher Hauser entdeckte bei seinen Grabungen in Südwestfrankreich nicht weniger als 21 wechselständige Wildfanggruben, die an einer vorzüglich dazu geeigneten Stelle angelegt waren, indem das Wild hier auf seinem Wechsel zur Tränke von den lauernden Jägern mit Leichtigkeit in die Gruben getrieben werden konnte. Letztere sind höchst mühsam in dem harten Kalkfels ausgehöhlt worden und haben trotz der starken Verwitterung noch jetzt eine durchschnittliche Tiefe von 1·6 Meter bis 2·5 Meter oberem und 0·6 Meter unterstem Durchmesser. Auf ihrem mit Erde ausgefüllten Grund bargen sie allerlei einst von den Jägern verlorene oder weggeworfene Feuersteingeräte, deren Technik sie mit Sicherheit der sogenannten Solutréenzeit (s. Anhang 1), wenigstens 100.000 Jahre vor unserer Zeit, zuweist.



In den Fels eingehauene Wildfanggruben, markiert durch die mit weißem Papier behängten Strecken.

Anhang 1.

Übersicht der Eiszeiten nach Penck und Brückner (1/2—1 1/2 Millionen Jahre).

Gliederungen	Menschenrassen der Eiszeit	Charakteristische Vertreter der herrschenden Tierwelt	Kulturen der Steinzeit	
Vierte Eiszeit (Würm)	Cro-Magnonrasse (Renntierjäger)	Hirsch Renntier Mammut Rhinozeros	Azilien (Maz d'Azil, Pyrenäen) Magdalénien (La Madeleine, Dordogne) Solutréen (Solutré bei Lyon)	
Dritte Zwischeneiszeit ca. 100.000 Jahre nach Penck	Lößjäger Cro-Magnonrasse Spätneandertaler Lößjäger (Aurignac-Rasse) Grimaldi-Rasse	Pferd Rhinoceros tichorhinus	Solutréen (Solutré bei Lyon) Aurignacien (Aurignac, Haute Garonne) Moustérien (Le Moustier, Dordogne)	Ältere Steinzeit (Palaeolithikum)
Dritte Eiszeit (Riß) Haupteiszeit	Neandertalrasse	Mammut Elephas antiquus	Moustérien (Le Moustier, Dordogne)	
Zweite Zwischeneiszeit 2—300.000 Jahre nach Penck	Neandertalrasse (Homo Heidelberg. nach Werth.)	Rhinoceros Mercki Höhlenbär etc.	Moustérien (Le Moustier, Dordogne) Acheuléen (St. Acheul bei Amiens) Chelléen (Chelles bei Paris) Strépyien (Strépy bei Mons, Belgien)	
Zweite Eiszeit (Mindel)		Mammut		
Erste Zwischeneiszeit ca. 100.000 Jahre	Erste Benützung des Feuers		Mesvinien (Mesvin b. Mons, Belgien) Mafflien (Mafle bei Ath, Hennegau) Reutelien (Reutel bei Ypern, West-Flandern)	
Erste Eiszeit (Günz)	Homo Heidelbergensis?	Elephas meridionalis Rhinoceros etruscus		Eolithische Zeit
Pliozän	Pithecanthropus erectus?		Prestien (St. Prest, Eure-et-Loire, Frankreich) Kentien (Plateau von Kent, England)	

Anhang 2.

Perioden der diluvialen Eiszeit nach Lepsius.

I. Boreale Periode.

Vorrücken der Gletscher aus den Hochalpen durch die zur pliozänen Zeit erodierten Flußtäler und Vergletscherung der Vorländer, im Westen bis Lyon und über das Schweizer Juragebirge, im Norden bis zur Schwäbischen Alp und bis auf die bayerische Hochebene.

In der ältesten Zeit Absatz der Deckenschotter, danach der Hochterrassenschotter. Relative Absenkung der oberrheinischen Tiefebene, in deren Folge der Rhein und seine Nebenflüsse talaufwärts ihre Täler tiefer einschnitten. Ebenso sank die Donauhochebene relativ gegen die höher aufsteigenden Alpen.

Die Decken- und Hochterrassenschotter werden von den Moränen der stärksten Vergletscherung im Alpenvorlande überdeckt.

Die Schieferkohlen von Utznach und Dürnten bildeten sich im Oszillationsgebiete des Rhein-Linthgletschers als eine intramoränale Moorablagerung. Elephas antiquus, Rhinoceros Merckii und eine der jetzigen Schweizer Waldvegetation nahestehende, nur kontinentalere Flora liegen in den Schieferkohlen.

II. Atlantische Periode.

Erste allgemeine Absenkung der nordatlantischen Kontinente und damit erste Absenkung der Alpen. Infolgedessen erstes Zurückweichen der Gletscher aus den Vorländern.

Bildung der Lößsteppen auf den Hochebenen außerhalb und auf den Altmoränen.

Paläolithische Zeit des Menschen. Ausbreitung der atlantischen Völker in Westeuropa und in Nordafrika. Ein gemäßigtes Regenklima in den Mittelmeerländern.

III. Skandinavische (alpine) Periode.

Zunächst langer Stillstand der Gletscher auf den Linien der äußeren Jungmoränen; gleichzeitige Bildung der Niederterrassenschotter.

Danach zweite große Absenkung von West- und Mitteleuropa. Infolgedessen erneuter Rückzug der Gletscher talaufwärts in die Alpentäler. Erkränkung der alpinen Randseen.

Zunehmende anormale Erwärmung Europas und der Mittelmeerländer durch den neu entstandenen Golfstrom.

Neolithische Zeit des Menschen. Pfahlbauten in den Seen. Einwanderung asiatischer Völker in Europa.

Anhang 3.

Verteilung der Atomgewichte A auf die Reihen 4n—1 und 4n (s. S. 117).

4n—1	4n	A.	El.	4n—1	4n	A.	El.
3		—		123		—	
	4	3·99	He		124	—	
7		6·94	Li	127		127·5	Te
	8	9·1	Be		128	126·92	J
11		11·0	B	131		130·2	X
	12	12·0	C		132	132·81	Cs
15		14·01	N	135		—	
	16	16·0	O		136	137·37	Ba
19		19·0	F	139		139·0	La
	20	20·2	Ne		140	140·25	Ce
23		23·0	Na	143		140·6	Pr
	24	24·32	Mg		144	144·3	Nd
27		27·1	Al	147		—	
	28	28·3	Si		148	—	
31		31·04	P	151		150·4	Sm
	32	32·07	S		152	152·0	En
35		35·46	Cl	155		—	
	36	39·88	Ar		156	157·3	Gd
39		39·10	K	159		159·2	Tb
	40	40·09	Ca		160	—	
43		—		163		162·5	Dy
	44	44·1	Sc		164	—	
47		—		167		167·4	Er
	48	48·1	Ti		168	168·5	Tu
51		51·06	V	171		—	
	52	52·0	Cr		172	172·0	Yb
55		54·93	Mn	175		174·0	Lu
	56	55·85	Fe		176	—	
59		58·68	Ni	179		—	
	60	58·97	Co		180	181·0	Ta
63		63·57	Cu	183		—	
	64	63·37	Zn		184	184 0	W
67		—		187		—	
	68	—			188	—	
71		69·9	Ga	191		190·9	Os
	72	72 5	Ge		192	193·1	Ir
75		74·96	As	195		195·2	Pt
	76	—			196	197·2	An
79		79·2	Se	199		—	
	80	79·92	Br		200	200·0	Hg
83		82·9	Kr	203		—	
	84	85·45	Rb		204	204·0	Tl
87		87·63	Sr	207		207·1	Pb
	88	89·0	Y		208	208·0	Bi
91		90 6	Zr	211		—	
	92	—			212	—	
95		93·5	Nb	215		—	
	96	96·0	Mo		216	—	
99		—		219		—	
	100	101·7	Rn		220	—	
103		102·9	Rh	223		223·0	Ra E
	104	—			224	—	
107		106·7	Pd	227		226·0	Ra
	108	107·88	Ag		228	—	
111		—		231		—	
	112	112·4	Cd		232	232·4	Th
115		114·8	Jn	235		—	
	116	—			236	—	
119		119·0	Sn	239		238 5	U
	120	120·2	Sb				

Anhang 4.

Das kubische periodische System der Elemente.

	0			I			II			III			IV			V			VI			VII		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A 1	He			Li			Be			B			C			N			O			F		
A 2		Ne			Na			Mg			Al			Si			P			S			Cl	
A 3			Ar			K			Ca			Sc			Ti			V			Cr			Mn
B 1	Fe			Co			Ni			Cu			—			—			—			Zn		
B 2		—			—			—			Ga			Ge			As			Se			Br	
B 3			Kr			Rb			Sr			Y			Zr			Nb			Mo			Ru
C 1	Rh			Pd			—			—			Ag			—			—			Cd		
C 2		—			—			—			In			Sn			Sb			Te			J	
C 3			Xe			Cs			Ba			La			Ce			Nd			Pr			(Sm)
D 1	(Eu)			(Gd_1)			(Gd_2)			(Gd_3)			(Tb_1)			(Tb_2)			(Dy_1)			(Dy_2)		
D 2		(Dy_3)			(Ho)			(Er)			(Tu_1)			(Tu_2)			(Tu_3)			(Yb)			(Lu)	
D 3			—			—			—			—			—			Ta			W			Os
E 1	Ir			Pt			Au			Hg			Tl			Bi			Po			—		
E 2		—			—			—			—			—			—			—			—	
E 3			—			—			Ra			—			Th			—			U			—

Anhang 5.

Geologische und kulturgeschichtliche Entwicklung Australiens und Tasmaniens (Noetling).

<table>
<tr><th>Epoche</th><th colspan="2">Geologische Ereignisse</th><th>Schichten</th><th colspan="3">Fauna</th></tr>
<tr><td>Gegenwart</td><td colspan="2">Vollständige Trennung Tasmaniens von Australien</td><td>Moderne Ablagerungen</td><td colspan="2">Die europäische Rasse wandert in Tasmanien ein (1803)</td><td rowspan="3">Moderne Fauna —</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Prähist. Zeit</td><td colspan="2">Die Bildung der Baß-Straße beendet (vor ca. 5000 Jahren)</td><td>Dünenbildungen</td><td colspan="2">Einwanderung des Dingo in Australien. Einwanderung d. Australier</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zerstörung des Isthmus zwischen Australien und Tasmanien dauert fort (ungefähr vor 7000 Jahren)</td><td>Muschelhaufen in wechselweiser Lagerung</td><td colspan="2">Einwanderung der Tasmanier in Tasmanien (ca. 5000—3000 v. Chr.)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Nacheiszeit</td><td>Jüngere vulkanische Periode</td><td>Allmähliche Zerstörung des Isthmus. Beginn der Zerstörung des Isthmus (ungef. v. 10.000 Jahren)</td><td>Basalte von Table Cape, One Tree Point, Geilston etc.</td><td colspan="2">Wahrscheinlich moderne Fauna (?)</td><td>?</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Periode der Landverbindung zwischen Tasmanien und Australien</td><td rowspan="2">Ein breiter Isthmus, durchquert von einem von Australien kommenden, in westl. Richtung fließenden Urstrom, verbindet Australien und Tasmanien. — Anfang der postglazialen Hebung (ungef. v. 50000 Jahren)</td><td rowspan="2">Terrassen längs der tasmanischen Küste
Wynyard-Schichten</td><td>Die Riesen-Beuteltiere starben aus</td><td rowspan="2">Einwanderung der Viktoria-Fauna in Nord-Tasmanien</td><td rowspan="2">Periode der Riesen-Beuteltiere</td></tr>
<tr><td>Diprotodon-Fauna in Australien und Tasmanien</td></tr>
<tr><td>Eiszeit in Tasmanien</td><td colspan="2">Vergletscherung des tasmanischen Hochlandes, Meeresspiegel höher als gegenwärtig (vor ca 60000 Jahr.)</td><td>Moränen in verschiedenen Teilen Tasmaniens</td><td colspan="2">Fauna noch nicht erforscht, wahrscheinlich arktisch</td><td></td></tr>
</table>





Verlag von Karl Prochaska, Leipzig, Wien, Teschen.



Klass. Romane der Weltliteratur.

Eine auserlesene Sammlung vorzüglicher Romane. 32 Bände eleg. geb. in effektvoller, schöner Ausstattung. Preis eines Bandes bei Abnahme der ganzen Sammlung 85 Pfg. = 1 K.

Afraja. Nordischer Roman von Theodor Mügge. 3 Bände.

Der Jude. Deutsches Sittengemälde von Karl Spindler. 4 Bände.

Johanna Eyre. Die Waise von Lowood. Von Currer Bell. 3 Bände.

Der Löwe von Flandern. Von Heinrich Conscience. 2 Bände.

Die Frau in Weiß. Von Wilkie Collins. 4 Bände.

Die letzten Tage von Pompeji. Von Eduard Lytton Bulwer. 2 Bände.

Der Irre von St. James. Von Philipp Galen. 3 Bände.

Wallensteins erste Liebe. Von K. Herloßsohn.

Die Tochter des Piccolomini. Von K. Herloßsohn. Beide Romane von K. Herloßsohn, zusammen 5 Bände.

Ivanhoe. Historischer Roman von Walter Scott. 2 Bände.

Ein Jahr. Von Emilie (Flygare-)Carlén. 2 Bände.

Tokeah oder die weiße Rose. Von Charl. Sealsfield. 2 Bände.

Klassische Erzählungen der Weltliteratur

sind eine Auswahl vom Besten, was an edler, gehaltsvoller Unterhaltungslektüre die Dichter der Kulturnationen geschaffen haben. — Jeder Band kostet nur 85 Pfg. = 1 K, obwohl die Ausstattung und im besonderen der Einband sich durch erquisite Schönheit hervortun.

1. **Indiana.** Von G. Sand. — 2. **Der Vogt von Sylt.** Von Th. Mügge. — 3. **Farnmoor.** Von Ouida. — 4. **Die schwarze Tulpe.** Von A. Dumas. — 5. **Zwei Welten.** Von O. Ruppius. — 6. **Der Oberhof.** Von K. L. Immermann. — 7. **Blanka.** Von H. F. Ewald. — 8. **Addrich im Moos.** Von H. Zschokke. — — 9. **Der Liebe Müh' umsonst.** Von J. v. d. Traun. — 10. **Arwed Gillenstierna.** Von C. F. v. d. Velde. — 11. **Die Bettlerin vom Pont des Arts.** Von W. Hauff. — 12. **Der Sieg des Schwachen.** Von M. Meyr. — 13. **Colomba.** Von P. Merimee. — 14. **Der Fliegende Holländer.** Von Kapitän Maeryat. — 15. **Eugenie Grandet.** Von H. de Balzac. — 16. **Hedwig, die Waldenserin.** Von H. König. — 17. **Der Lampenputzer.** Von Miß Cummins. — 18. **Der Reichspostreiter in Ludwigsburg.** Von R. Heller. — 19. **Die Braut auf dem Omberg.** Von E. Carlén. — 20. **Waterloo.** Von Erckmann-Chatrian. — 21. u. 22. **Kenilworth.** Von W. Scott. — 23. u. 24. **Die Mörder Wallensteins.** Von K. Herloßsohn.

Die Königin des Tages und ihr Reich. Astronomische Unterhaltungen über unser Planetensystem und das Leben auf anderen Erdsternen. Von M. W. Meyer. 8°. Mit 4 Abb. 420 Seiten. Elegant broschiert Mk. 4.50, hochfein gebunden mit Goldschnitt Mk. 6.—.

Das Buch der Bücher. Aphorismen der Weltliteratur. Gesammelt und geordnet von Egon Berg (Leop. Auspitz). 2 Teile, wovon der erstere, Geist und Welt, sich mehr mit den öffentlichen Dingen, der zweite, Herz und Natur, mehr mit dem Gemütsleben beschäftigt.

Preis jedes Bandes, eleg. geb., mit Rotschnitt 10 Mk.

Das hier angekündigte Werk ist die Arbeit eines halben Menschenalters, und Dichter und Redner, Philosophen und Staatsmänner, Historiker und Naturforscher, sind darin vertreten. Die bedeutendsten Gedanken, die klangreichsten Aussprüche der hervorragendsten Geister sind hier in einem verhältnismäßig geringen Raume zusammengedrängt und wieder in logischer Folge wiedergegeben. Gegen 5500 solcher Aphorismen in Poesie und Prosa sind in dem „Buch der Bücher" enthalten und die Zitate aus fremden Sprachen (toten wie lebenden) gleichzeitig im Original, wie in der besten Übersetzung angeführt. Das wohlgeordnete Register ermöglicht ein rasches Nachschlagen der auf die verschiedenen Lebenslagen passenden Aussprüche und Zitate.

Durch jede Buchhandlung zu beziehen.